296426

778.5
P.93.39

300 стр.
2 табл.
вне текста К.М.

10/I-28г М.М.

©?DSPL.RU/ELIB

©?DSPL.RU/ELIB

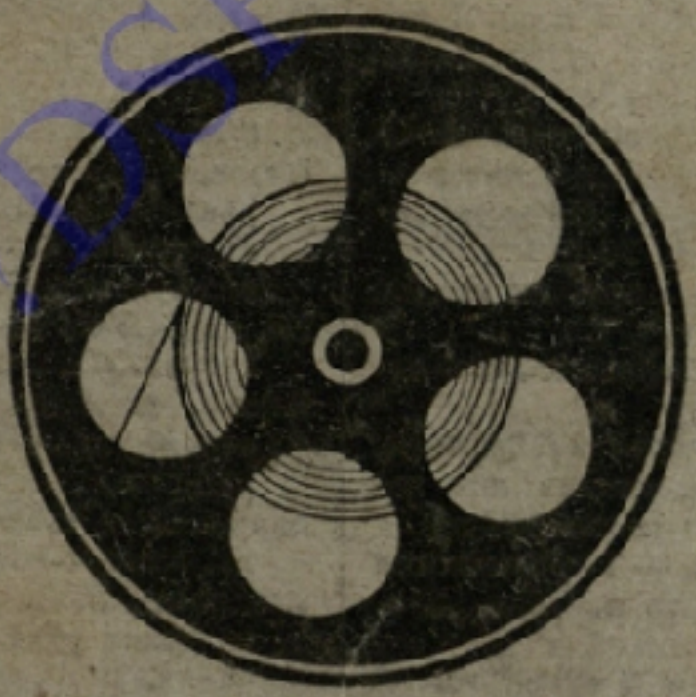
©?DSPL.RU/ELIB

Р78.5:53

Н. А. РЫНИН

Проверено 1944 г.

КИНЕМАТОГРАФИЯ



©2DSPL.RU/ELIB

32

УДАРСТВЕННОЕ ИЗДАТЕЛЬСТВО

ЛЕНИНГРАД 1924

70071

Библиотека
Ростов н-Д
296.426
книгохранилище
им. К. Маркса.

Проверено
1937—38 г.

778.5:535
Р 93.32

Государственное
Издательство
типография
ПЕЧАТНЫЙ
ДВОР
Петроград

©?DSPL.RU/ELIB

183-694 Борисов С.А.
«Свет и оптика в кинопроекции»
24/III 44 г. [illegible]

papierfilm
NOT-FOR-PROFIT ORGANIZATION

Гиз. № 5031. Ленинградский Гублит № 11899. Отп. 3000 экз.

ОГЛАВЛЕНИЕ.

Стран.

Оглавление 3
Предисловие 5
Источники 7

Глава I. Волшебный фонарь 11
§ 1. «Чудеса» древности и театральные привидения 11
§ 2. Проектирование волшебным фонарем 15
§ 3. Кинодиапозитивы и диссольверы 30

Глава II. Фотография и ее значение для кинематографии . 36
§ 4. Фотография 36
§ 5. Простейшие приемы фотографирования движения . . . 41
§ 6. Целлулоид и фильма 53

Глава III. Киносъемка 57
§ 7. Киносъемочные аппараты 57
§ 8. Киносъемка 64

Глава IV. Кинопроектирование 82
§ 9. Память зрения и стробоскопические явления 82
a) Память зрения 82
b) Стробоскопический эффект 88
c) Стробоскопические приборы 96
d) Согласование движения ленты и обтюратора 112
§ 10. Современный кинопроектор 125
a) Схемы и общий вид 125
b) Детали головок 131

Глава V. Специальные виды съемки 149
§ 11. Съемка быстрых движений 149
a) Движение человека и животных 149
b) Полет снарядов 157
α) Общие замечания 157
β) Моментальные одиночные снимки 163
γ) Баллистический кинематограф 170

© DSPL.RU/ELIB

Стран.

§ 12. Съемка медленных движений 177
§ 13. Микросъемка 179
§ 14. Рентгеносъемка 190
a) Рентгеновы лучи 190
b) Рентгеносъемка с экрана 194
c) Теневая рентгеносъемка 194
§ 15. Цветная съемка 204
a) Элементы физической теории цветов 204
b) Цветная съемка для диапозитивов 206
c) Цветная кинематография 209
§ 16. Киносъемка звука и некоторые применения кино 212

Глава VI. Кино-перспектива 222
§ 17. Элементы кино-перспективы 222
a) Общие соображения 222
b) Влияние перемещения картины и точки зрения . . . 225
α) Перемещение картины 231
β) Перемещения точки зрения 234
γ) Перемещения точки зрения и картины 248
c) Применение нескольких горизонтов и точек зрения . . 258
d) Изображение животных и тел вращения 267
e) Рисование больших картин 272
f) Теория киноперспективы 277
Указатель имен 289
Указатель предметов 293

©?DSPL.RU/ELB

ПРЕДИСЛОВИЕ.

Кинематография в настоящее время нашла себе широкое применение в самых разнообразных отраслях науки, техники, промышленности и искусства. Перед нами проходят в кинотеатрах картины — произведения великих писателей, демонстрируется хроника, заменяющая газету, в художественных школах ученикам показываются на экране движения в природе, виды разных стран. В различных учебных заведениях редкий лектор не пользуется кинематографом для пояснения излагаемого вопроса. На экране мы видим постройку Панамского канала и американского паровоза, ловлю рыбы в Каспийском море, хирургическую операцию, жизнь животных, нравы и обычаи диких племен Австралии и многое другое. Помимо целей демонстрационных и педагогических кинематограф приобрел громадное значение как средство исследования многообразных научных вопросов в особенности в тех случаях, когда явление не может быть уловлено простым глазом или благодаря своей быстроте (полет пули), или благодаря своей медленности (распускание цветка), или благодаря своей невидимости (изменение внутри тела) или благодаря своей микроскопичности (анализ крови). При этом, благодаря фотографированию на киноленте одновременно с изучаемым движением и хронометра, отмечающего доли секунды, явилась возможность учитывать время в наблюдаемом быстром процессе, что положило начало новой науке *кинограмметрии*. Наконец, благодаря открытию возможности сочетать и одновременно демонстрировать движение и звук, кинематограф получает новое могущественное оружие для научных целей.

Область техники кинематографа и способов его применения теперь настолько велика, что трудно одному человеку ознакомиться с нею всецело. Появился целый ряд специалистов, посвятивших себя изучению отдельных вопросов этой области. Так, кино-оператор ведает вопросами съемки, кино-механик — вопросами проектирования, кино-режиссер — вопросами поста-

новки сцены для их съемки, кино-декоратор — вопросами устройства декораций, кино-лаборант — вопросами проявления и печатания кино-лент, кино-заводчик — вопросами изготовления лент, кино-инженер — вопросами изготовления съемочных и проекционных аппаратов.

Наконец, специальные виды киносъемки требуют особых знаний, и часто для осуществления съемки какого-либо научного явления необходима совместная работа ряда специалистов.

В настоящем труде я имею целью дать общее понятие о главнейших вопросах техники съемки и проектирования движений, имея в виду как вообще лиц, интересующихся кинематографией, так и людей науки, которые пожелали бы воспользоваться этим ценным методом для своих исследований.

Содержание книги составлено как на основании ряда русских и иностранных сочинений, список которых приведен на стр. 7—10, так и на основании личного опыта, полученного мною в бытность мою заведывающим научным отделением фото-кино-комитета в Ленинграде в 1919—21 годах.

В частности там в это время были произведены научные микрокиносъемки растворов (на Путиловском заводе), медицинские съемки (при участии д-ра А. П. Янушковского), педагогические съемки воспитания детей по системе Монтессори и пр.

Многие вопросы применения кино в технике намеренно не затронуты в этой книге, так как одновременно печатается под моей редакцией перевод книги A. Lassally «Betriebskinematographie», трактующей эти вопросы.

В следующей книге я надеюсь дать сведения о вопросах, почти или совершенно не затрагиваемых в настоящем труде, именно — о лабораторных процессах, о театральной съемке, об устройстве кино-ателье и кино-театра, о цветной съемке, о кино-трюках и о некоторых новейших технических усовершенствованиях в кино-аппаратуре.

В конце книги мною приводится глава «кино-перспектива», в которой я делаю, насколько мне известно, впервые опыт подойти к изучению движущихся предметов с точки зрения перспективы.

Н. Рынин.

1/VI 1924 г.
Ленинград.

Источники, которыми пользовался автор при составлении настоящего труда.

На русском языке.

1. Алейников, М. Н., и И. Н. Ермолаев «Практическое руководство по кинематографии». Москва, 1916 г.
2. Английский биоскоп «Универс». Петербург.
3. «Вся кинематография». Справочник. 1916 г.
4. Геммерт, И. Ф. «Как самому сделать кинематограф». СПБ. 1915 г.
5. Глебов-Путиловский, Н. Н. Пролог к кино-спектаклю «Нетерпимость». Пгр., 1921 г.
6. Глускин, И. «Новый электрический нагревательный столик для микроскопа и прибор для моментальной фотографии». СПБ., 1913 г.
7. Гомон. «Кинематография». 1913 г.
8. Готвальд, В. «Кинематограф». Москва, 1909 г.
9. Дюшен, Ф., и А. Семенов. «Кинематограф. Его устройство и применения». СПБ., 1909 г.
10. Евдокимов, Б. «Фотографические забавы». Пгр., 1916 г.
11. Ермилов, Н. Е. «Фотография. Ее прошлое, настоящее и будущее». Пгр., 1923 г.
12. «Ика-Кино». Проспект фирмы Стеффен.
13. Ильшевич, Н. А. «Практический курс кинематографии». Пгр., 1916 г.
14. «Кинематограф». Сборник статей. Госизд. М., 1919 г.
15. Кодак. «Иллюстрированный прейс-курант кинематографических аппаратов». Петербург.
16. Кокушин, Н. «Фотографическое исследование движения».
17. Копаневич-Селецкий, К. И. «Кинематограф». Петроград, 1923 г.
18. Лавров, А. М. «Исторический перечень открытий в фотографии». СПБ., 1903 г.
19. Леман, Г. «Кинематография». Берлин, 1924 г.
20. Майзель, С. О. «Стробоскопические явления». СПБ., 1911 г.
21. Маурин, Е. «Кинематограф в практической жизни». Пгр., 1916 г.
22. Мин А. «Кинематографы и принадлежности к ним». СПБ., 1910 г.
23. «Природа» (журнал). 1916 г. Апрель.

24. «Русский фотографический журнал». 1895 и 1897 г.г.
25. «Ручная кинора». О-во Гомон. СПБ.
26. Таунсенд, Р. «Волшебство в изучении движений». Петроград, 1919 г.
27. «Фотографии, оживленные посредством электротахископа». СПБ., 1891 г.
28. «Фотографический ежегодник». СПБ., 1896 г.
29. «Фото-кинематографич. вестник». Пгр., 1920 г.
30. Хвольсон, О. «Курс физики». Т. 2. СПБ., 1904 г.
31. Швиннинг, В. «Применение искровой фотографии в оружейной технике».

На французском языке.

32. Cinéma-révue (журнал). 1914.
33. Coissac, M. «La théorie et la pratique des projections».
34. Comandon, T. «L'ultra-microscope et le cinématographe». 1910.
35. Debrie, T. «Catalogue général». 1914.
36. » «Le parvo. Appareil de prise de vues cinématographiques». Paris.
37. Ecranblanc. «La projection microscopique». «Bibliothèque d'ombres et lumière».
38. Kress, E. «Conférences sur la cinématographie». T. 1. Paris, 1912 (et 9-me confér.).
39. «Le motographe». Album d'images animées. Paris, 1899.
40. Löbel, L. «La technique cinématographique». Paris, 1922.
41. Marey, E. J. «Développement de la méthode graphique par l'emploi de la photographie». Paris, 1884.
42. Marey, E. J. «La méthode graphique dans les sciences experimentales». Paris, 1885.
43. Marey, E. J. «Le vol des oiseaux». Paris, 1890.
44. Maurin, Z. «Notes pratiques du cinématographiste». Paris, 1913.
45. «Pathé-Frères». Catalogue. 1913.
46. Romanet et Guilbert. «Catalogue».
47. Rosen, T. «Le cinématographe». Paris, 1911.
48. «Travaux de l'association de l'Institut Marey». V. I. T. I. 1905 et T. II. 1910. Paris.
49. Tranchant, L. «La cinématographie pour tous». Paris.
50. Trutat, E. «La photographie animée». Paris, 1899.

На немецком языке.

51. Ackerknecht, Erwin. «Der Lichtspiel im Dienste der Bildungspflege». Berlin, 1918.
52. Altenloh. «Zur Soziologie der Kino». Jena, 1914.

RUFLIB

53. Béla Balázs. «Der sichtbare Mensch oder die Kultur der Films». Wien-Leipzig, 1924.
54. Bonwitt, H. «Das Zelluloid». Berlin, 1912.
55. Clément und Rivière. «Die Fabrikation der Kinematographenfilms». Photogr. Industrie. 1912.
56. Cohn, G. «Kinematographie-Recht». Berlin, 1909.
57. Cranz, C. «Lehrbuch der Ballistik». Leipzig und Berlin, 1910. Bd. III u. IV.
58. «Der Kinematograph». 1916.
59. «Die Kinotechnik». 1924.
60. «Die Lichtbildbühne». 1912; 1918.
61. «Die Umschau». 1910.
62. Eder, J. «Die Moment-Photographie». Halle a/S., 1886.
63. Ernemann. «Apparate für die Wissenschaft».
64. » «Kino». Dresden.
65. » «Kopiermaschine Imperatrix». 1913.
66. «Film und Lichtbild». 1914.
67. Forch, C. «Der Kinematograph und das sich bewegende Bild».
68. Frahm. «Ein neuer Torsionsindikator mit Lichtbildaufzeichnung und seine Ergebnisse». Zeitschr. d. Ver. D. Ing. 1918.
69. Fuchs, O. «Theoretische und kinematographische Untersuchung von Dampfhämmern». Zeitschr. d. Ver. Deutsch. Ing. 1911.
70. Gilbreth—Colin Ross. «Das ABC der wissenschaftlichen Betriebsführung». Berlin, 1917.
71. Glatzel. «Elektrische Methoden der Momentphotographie». Braunschweig, 1915.
72. Lassally, A. «Bild und Film im Dienste der Technik». T. I u. II. Halle (S), 1923 u. 1919.
73. Lehmann, H. «Die Kinematographie». Leipzig, 1911.
74. Lemke, H. «Die Kinematographie der Gegenwart, Vergangenheit und Zukunft». Leipzig.
75. Liesegang, F. P. «Das lebende Lichtbild». Leipzig, 1910.
76. » «Handbuch der praktischen Kinematographie». Düsseldorf, 1919.
77. Liesegang, F. P. «Kinematographen». Düsseldorf.
78. » «Wissenschaftliche Kinematographie». Düsseldorf, 1920.
79. Marbe, K. «Theorie der kinematographischen Projektionen». Leipzig, 1910.
80. Münsterberg. «Psychologie und Wirtschaftsleben». Leipzig, 1913.
81. Ott, B. «Wie führe ich mein Kino». Berlin, 1922.
82. Papperitz. Kinodiaphragmatische Projektionsapparate. Freiberg, 1911.

83. Seehase, H. «Die experimentelle Ermittelung des Verlaufs der Stosskraft und die Bestimmung der Deformationsarbeit beim Stauhversuch». Forschungsrb., H. 182. Berlin, 1915.

84. Seyffert, Rudolf. «Die Reklame des Kaufmanns». Leipzig, 1914.

85. Stein, Th. «Das Licht und die Lichtbildkunst». Halle a/S., 1885.

86. Taylor. «Die Grundsätze wissenschaftlicher Betriebsleitung». Deutsch von Roessler. Oldenbourg, München, 1913.

87. Tenenbaum, T. «Der Kinematograph». 1908.

88. Weiser, M. «Medizinische Kinematographie». Dresden, 1919.

89. Wolf Czapek, K. W. «Angewandte Photographie». Berlin, 1911.

90. Wolf Czapek, K. W. «Die Kinematographie». Dresden, 1908; Berlin, 1911.

На английском языке.

91. Burke and James. «Universal Motion Picture Camera». Chicago.

92. Debrie. «Slow Cinematographe Aparatus».

93. Gilbreth. «Motion study». New York. 1911.

94. Gilbreth. «Bricklaying system». NewYork, 1909.

95. Hopwood, H. V. «Living-Pictures, their history, photo-production and practical working». London, 1899.

96. Hulfish, D. S. «Motion Picture Work». Chicago, 1913.

97. «Motion Picture Apparatus Co.». NewYork.

98. «Simplex». Catalogue. 1911.

99. » «Motion Picture Apparatus». NewYork.

100. » «Northern-Light».

101. «Standard Cinemashinery-Perforators».

» » Printers».

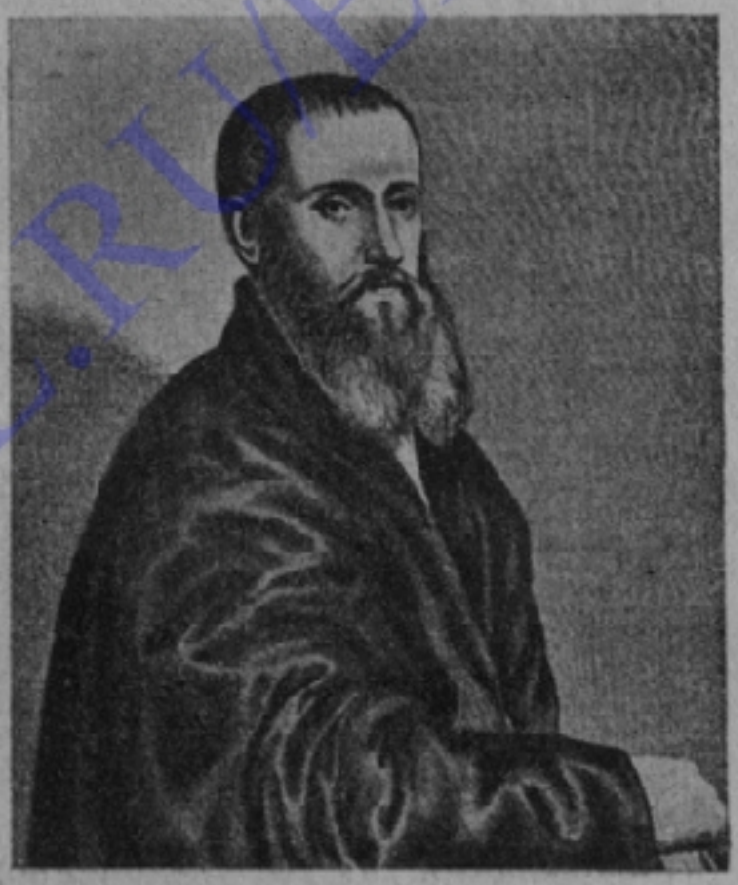
Подробный литературный указатель новейших книг по кинематографии (по 1921 год включительно) приведен в сочинениях Liesegang, F. P. 1) «Handbuch der praktischen Kinematographie». Düsseldorf, 1919; 2) Его же «Wissenschaftliche Kinematographie». Düsseldorf, 1920, и в соч. Лемана, Г. «Кинематография». Берлин, 1924 г. (по 1923 год).

©?DSPELIB

Глава I. Волшебный фонарь.

§ 1. «Чудеса» древности и театральные привидения.

Всё сверхъестественное всегда пользовалось особенным вниманием со стороны человечества. Поэтому те, которые желали подействовать на воображение людей, прибегали к различным средствам, чтобы поразить зрителей чем-нибудь необычайным и диковинным. К таковым средствам относится, между прочим, и возможность давать на экране изображения предметов в увеличенном виде. Об этом люди знали еще в глубокой древности.



Черт. 1. Даниэль Барбаро.

Есть основание предполагать, что уже во времена мистерий в честь богини Изиды египетские жрецы пользовались волшебными фонарями для достижения световых эффектов, применяя для этой цели двояковыпуклые стекла.

В рукописи Дамазия (Damasius) мы находим следующие слова: «Во время вызывания на стене появлялась масса света, казавшаяся сначала весьма удаленной; затем, приближаясь, этот свет преобразовывался в божественную фигуру».

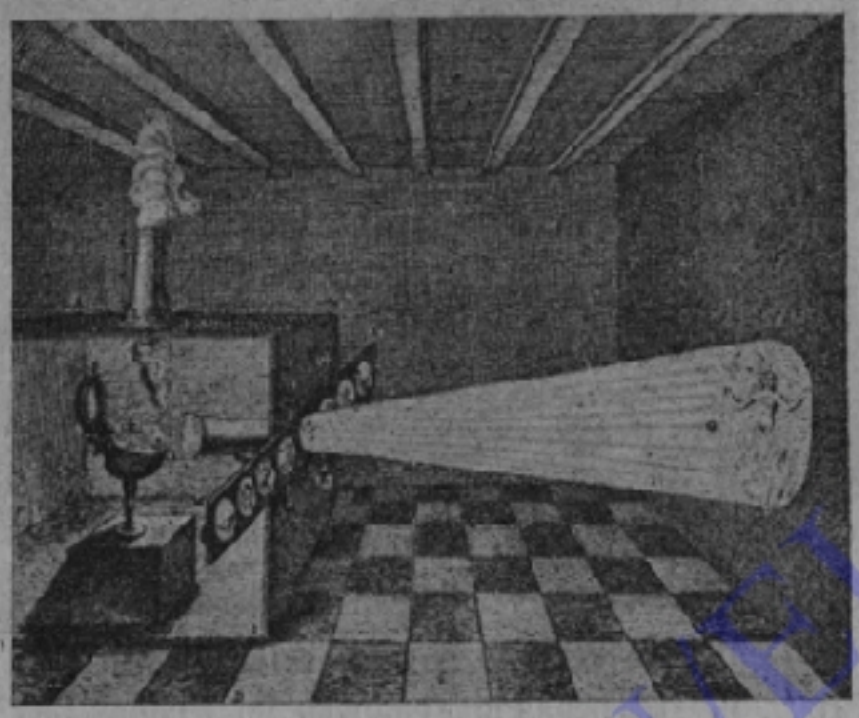
Если относить начало истории развития волшебного фонаря к открытию способа получения изображения предмета при помощи

света, то первым изобретением такого рода следует признать *камеру-обскуру*, о которой, повидимому, знал еще Рожер Бэкон (Roger Bacon) в XIII столетии. Однако, впервые в литературе мы встречаем ясное описание его в 1500 г., в сочинении Леонардо да-Винчи (Leonardo da Vinci) «Codex atlanticus», приблизительно в следующих выражениях: «Если фасад дома, или площадь, или пейзаж освещены солнцем, и если проделать небольшую дырку в противолежащей, неосвещенной стене здания, то через нее получится на другой внутренней стене изображение упомянутых предметов в перевернутом виде». Позднее венецианец Даниэль Барбаро (Daniel Barbaro) (черт. 1) в сочинении «La pratica della prospettiva» (1568 г.) предлагает для той же цели устройство камеры с линзой.

Черт. 2. Джиованни Баттиста делла-Порта.

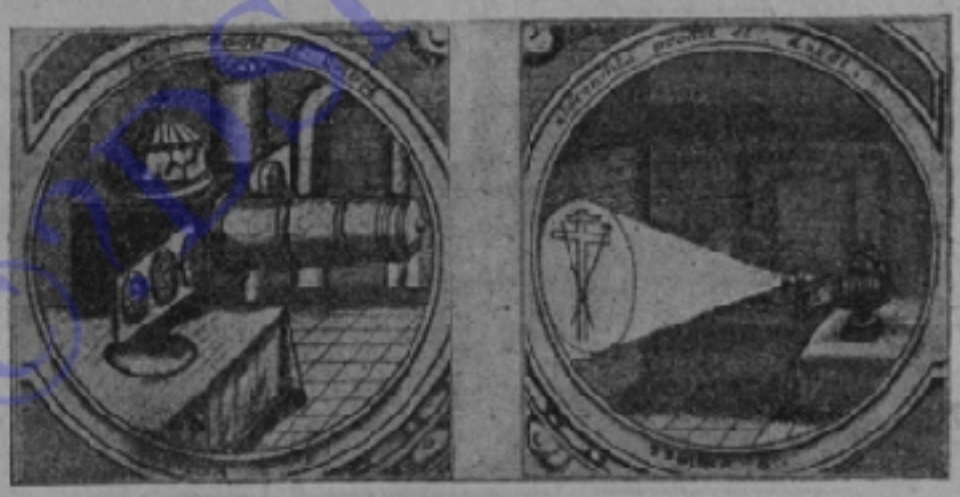
Незнакомые с этим сочинением Барбаро часто приписывают приоритет применения линзы вместо отверстия неаполитанцу Джиованни Баттиста делла-Порта (черт. 2) (Giovanni Battista della Porta), описавшему камеру-обскуру в соч. «Magia naturalis» (1-е издание в 1553 г., 2-е — в 1570 г.). Впервые применение искусственного света и прозрачных картинок (диапозитивов) для отбрасывания их в увеличенном виде на экране при помощи линзы было сделано немецким иезуитским патером Афанасием Кирхером (Athanasius Kircher) (1601—1680), который во втором издании своего труда «Ars magna lucis et umbrae» etc. (полное заглавие занимает 5 строк) (1671 г., 1-е издание в 1646 г.) описывает устройство своего приспособления и дает изображение двух картин, называя себя последователем Порта. Одну из его картин из главы «Magia catoptrica» мы приводим на чертеже 3. Однако, как изображение, так и описание устройства Кирхера

неверны. Правильное же описание, построение фонаря и картины дал немецкий монах Иоганн Цан (Johann Zahn) в своем труде. «Oculus artificialis teledioptricus sive telescopium» etc. (1665).



Черт. 3. Магия Кирхера.

Схема описанного им волшебного фонаря сохранилась до сих пор. На черт. 4 показано изображение фонаря Цана. В Париже около 1800 г. физиком Е. Ж. Робертсоном (E. J. Robertson) было издано сочинение «Mémoires Récréatifs Scientifiques et Anecdoti-



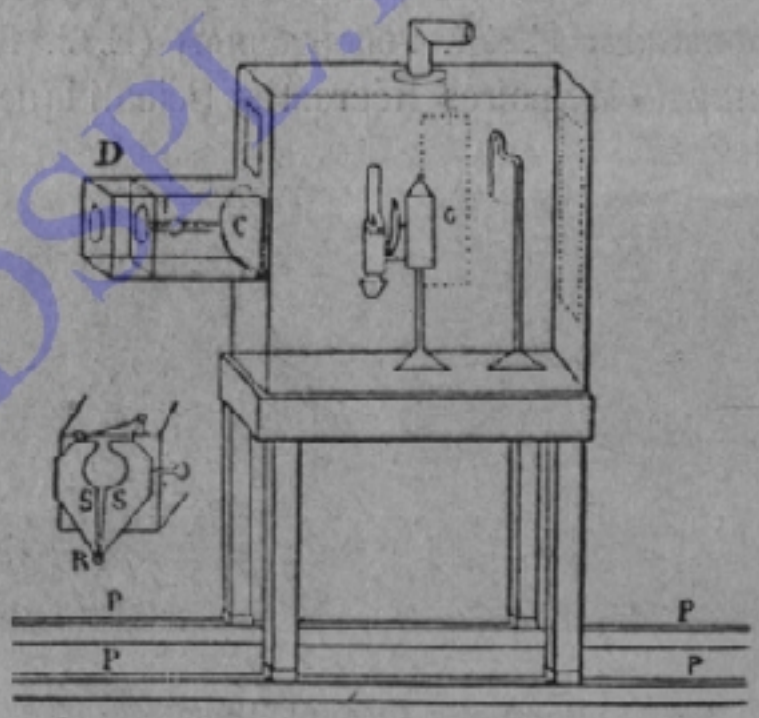
Черт. 4. Фонарь Цана.

ques», в котором даны рисунки, показывающие, до чего доходило искусство получения изображений «чудес» в старину. Один такой рисунок изображен на черт. 5 и изображает появление призрака. Сам Робертсон производил волшебные демонстрации

в Париже, пользуясь волшебным фонарем несложного устройства (черт. 6). Внутри ящика помещена масляная лампа, C—плоско-

Черт. 5. Вызывание призрака по Робергсону.

выпуклая линза (конденсатор), D — объектив из двух линз, F — кремальера для наводки на фокус, PP — брусья для передвиже-



Черт. 6. Фонарь Робертсона.

ния фонаря, что дает возможность увеличивать или уменьшать проектируемое изображение, RS—раздвижная диафрагма со створками SS. При помощи ее можно было достигать постепенного

©?DSPL.RU

появления или исчезновения изображения. Рисунки для проекции рисовались на стекле и раскрашивались от руки.

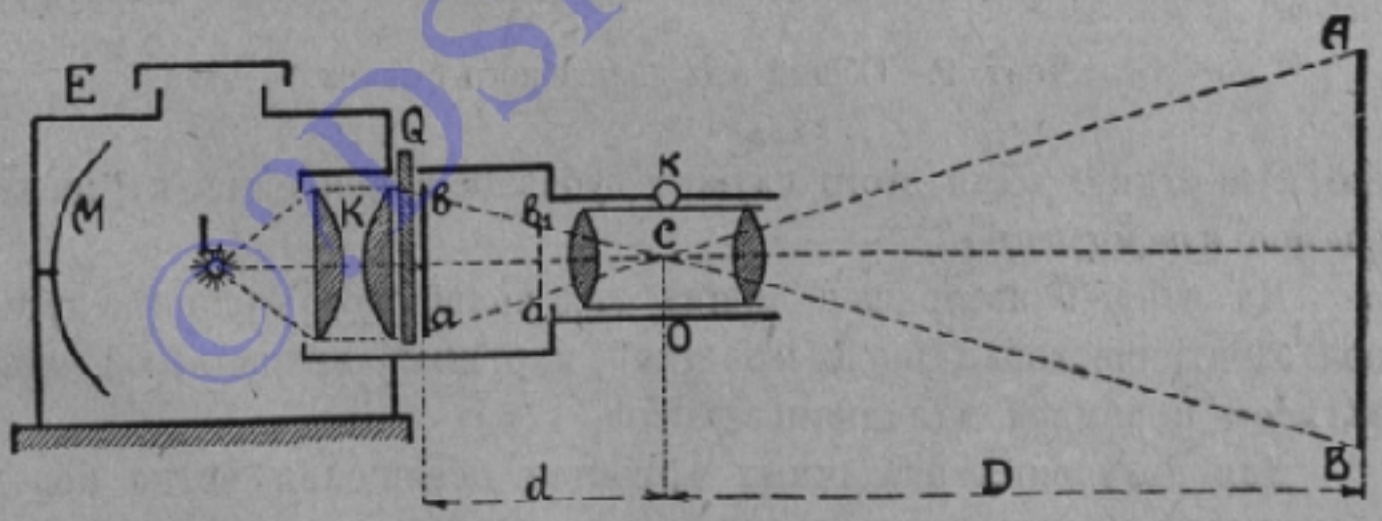
Черт. 7. Призраки Робертсона.

На черт. 7 показан вид одного из сеансов Робертсона с вызыванием призраков.

§ 2. Проектирование волшебным фонарем.

Существенную часть каждого кинематографического проекционного аппарата составляет волшебный фонарь, к общему описанию которого мы теперь и переходим.

На черт. 8 изображена схема волшебного фонаря. В ящике E помещается источник света L, лучи которого падают на систему

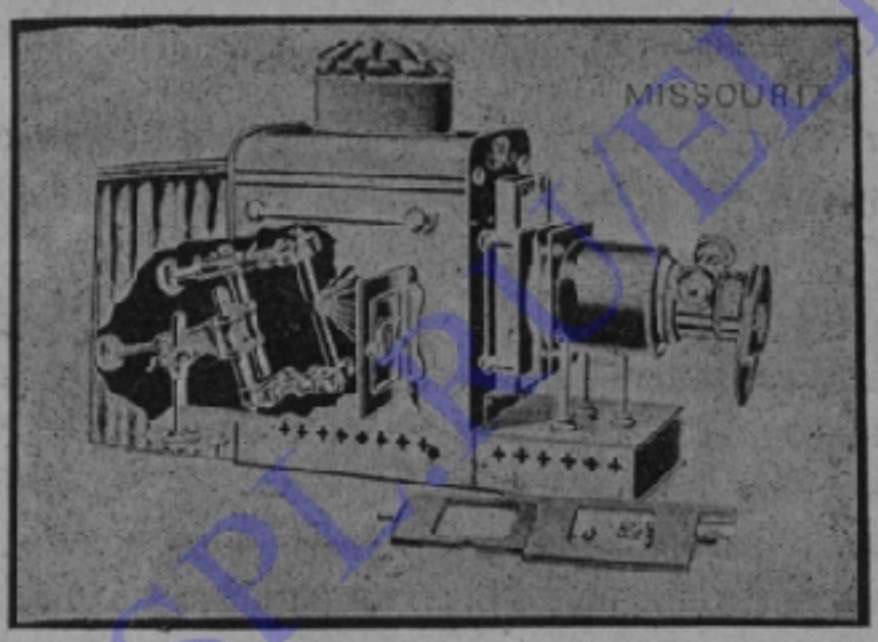


Черт. 8. Схема волшебного фонаря.

стекол K, называемую *конденсатором*, назначение которого собирать лучи и отбрасывать их густым пучком на картину ab. Для усиления действия источника света сзади него часто помещают рефлектор M.

Картина изображается или на стекле ab (диапозитив), или на пленке (a_1b_1). Пройдя картину, лучи попадают в другую группу оптических стекол O, называемую *объективом*, при помощи которого на *экране* AB получится увеличенное и резкое изображение картины ab. Следует заметить, что для того, чтобы на экране получилось прямое изображение, картину ab помещают в фонарь вверх ногами. Для того, чтобы лучи не слишком нагревали картинку ab, между нею и конденсатором часто помещают кюветку Q, наполняемую какою-нибудь охлаждающею жидкостью.

Для получения наилучшей резкости изображения на экране необходимо немного передвигать объектив, удаляя или придвигая



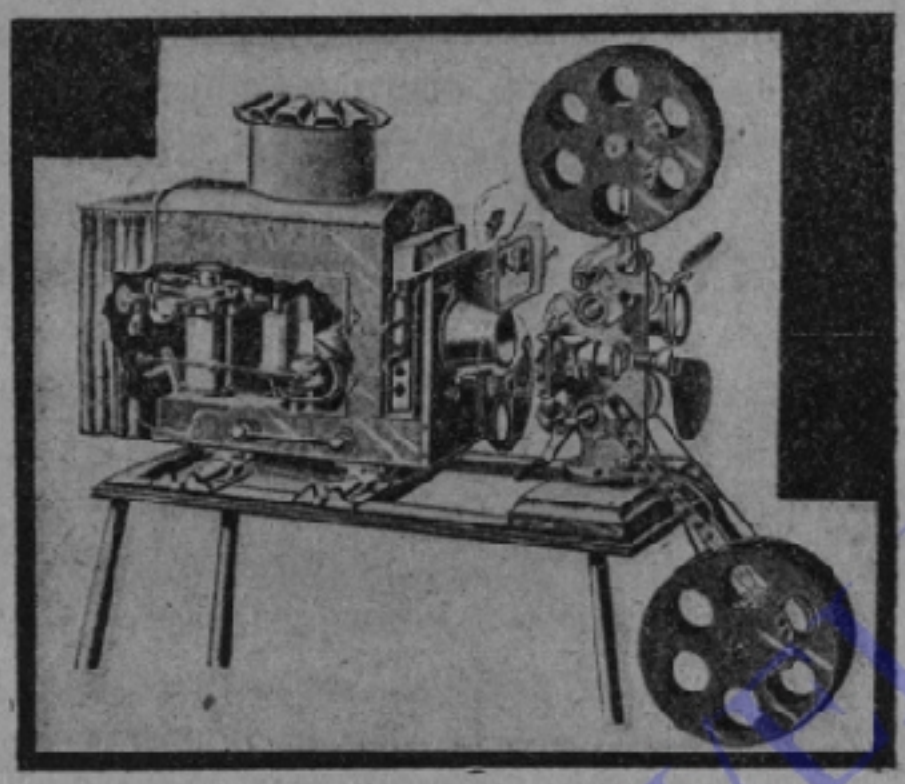
Черт. 9. Общий вид волшебного фонаря.

его к картине. Для этого служит зубчатое зацепление (k), называемое *кремальерой*.

На черт. 9 изображен общий вид волшебного фонаря с дуговой электрической лампой, кюветкой, картиной, кремальерой, объективом и рамкой для диапозитивов.

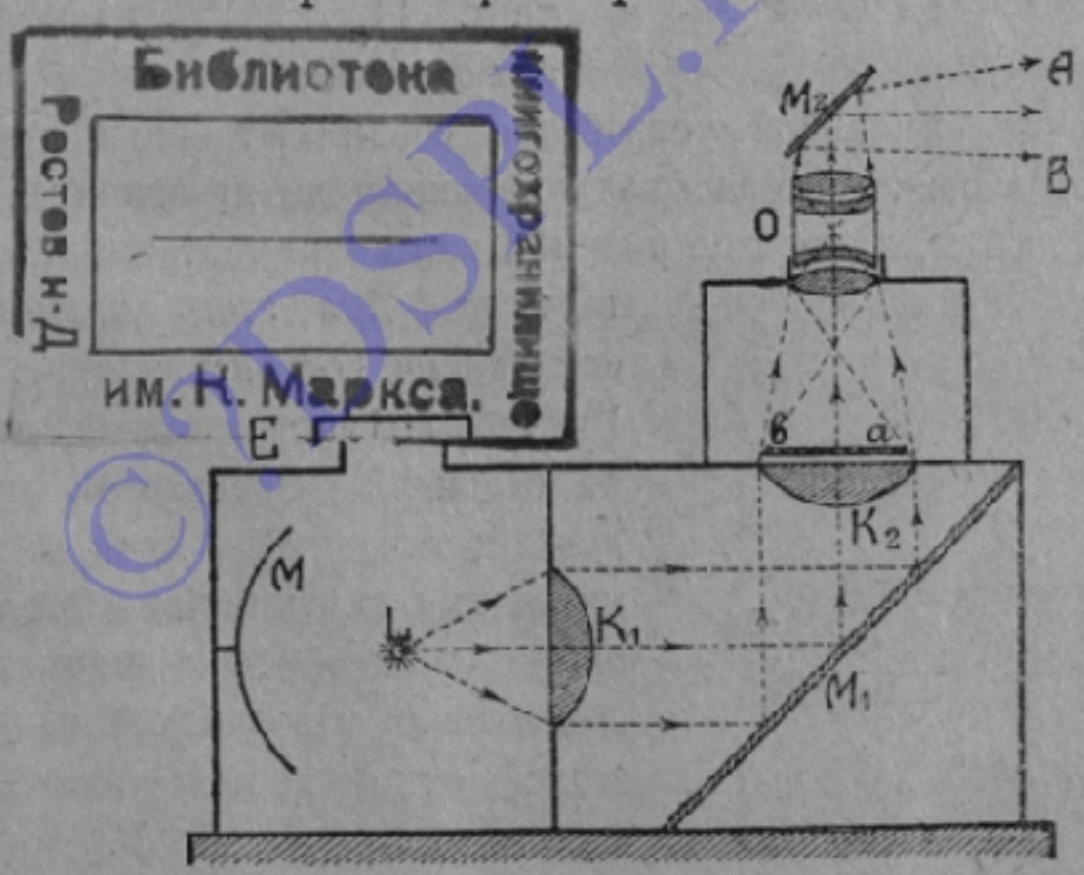
Для получения различных эффектов освещения часто перед объективом (со стороны экрана) устанавливают диск с серией цветных стекол. Свет, выходя из объектива и проходя через какое-нибудь стекло диска, дает на экране соответствующее цветное изображение. Подобного рода приспособление показано на черт. 10, где изображен фонарь с эфирно-кислородной горелкой и кинематографический проекционный аппарат.

Иногда пользуются несколько другим устройством фонаря, (черт. 11). Лучи света, выходя из источника L, попадают на



Черт. 10. Волшебный фонарь с цветным диском.

конденсатор K_1, который собирает их в параллельный пучок и направляет на зеркало M_1. Отразившись от последнего, лучи



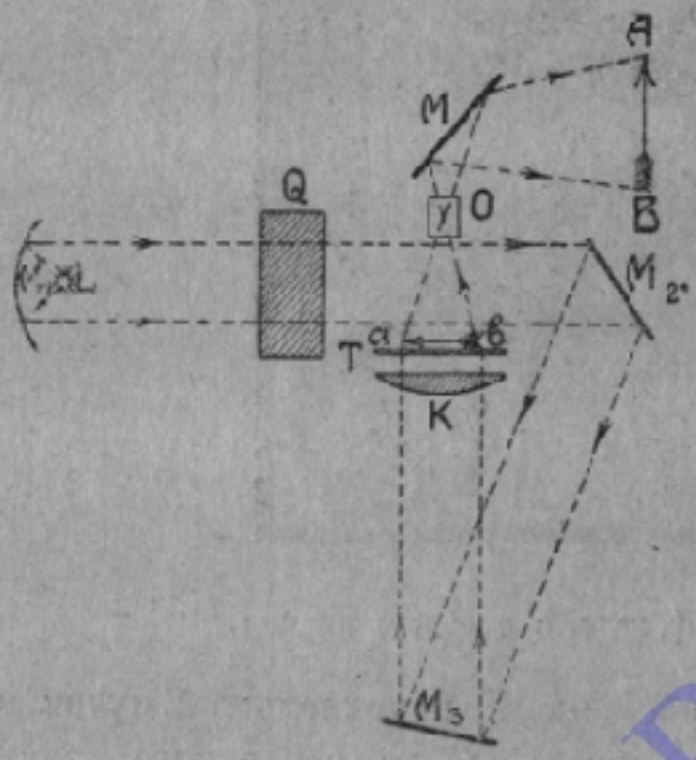
Черт. 11. Схема эпидиоскопа.

попадают во второй конденсатор K_2, который собирает их в пучок и направляет на прозрачную картину диапозитива ab. Далее

papierfilm

лучи проходят через объектив О и, отразившись от зеркала M_2, идут к экрану АВ.

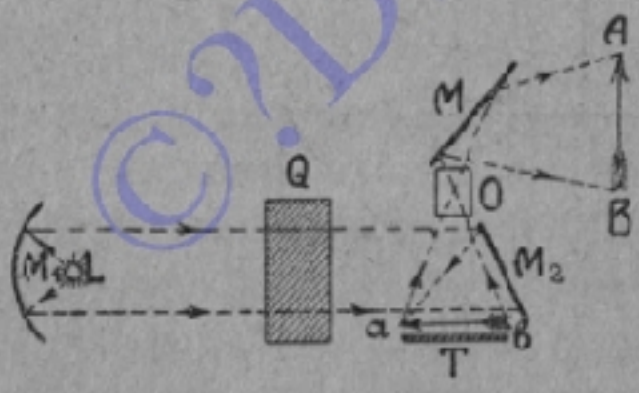
На черт. 12 показано еще одно устройство фонаря. Лучи света, выходя из источника света L и отразившись от зеркала M_1, идут параллельным пучком к зеркалу M_2; отразившись от последнего, они попадают на зеркало M_3. Отразившись от M_3, идут к конденсатору К. Из последнего идут коническим пучком к столику Т с отверстием, в которое вкладывается диапозитив ab. Далее лучи идут через объектив О и, отразившись в зеркале М, дают на экране изображение АВ.



Черт. 12. Схема эпидиоскопа.

Прибор, построенный по принципу, объясненному на черт. 11 и 12, называется *эпидиоскопом.*

Только что описанное устройство соединяют еще с другим, дающим возможность отбрасывать на экран не прозрачную картинку ab, а любую, например, рисунок из книги, чертеж на бумаге и т. п. Для этого применяют следующее устройство (черт. 13). Рисунок ab (непрозрачный) кладут на столик Т. Зеркало M_2 располагают так, чтобы лучи от него падали на картинку ab. Отразившись от нее, лучи идут через объектив О к зеркалу М и, отражаясь от последнего, дают на экране изображение АВ.

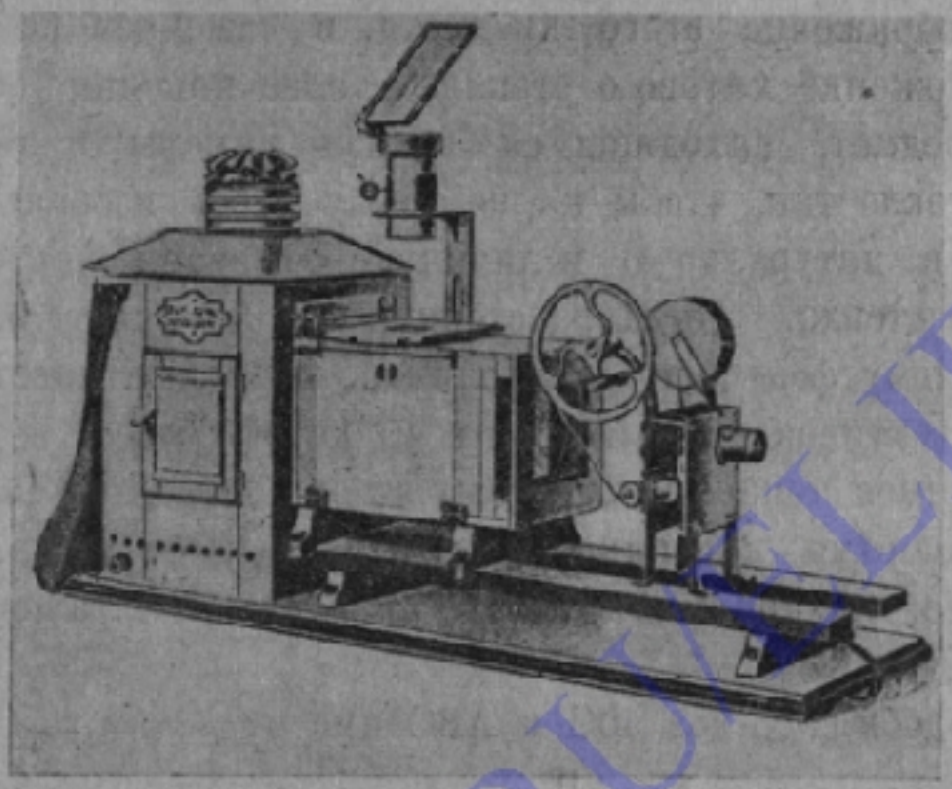


Черт. 13. Схема эпископа.

На черт. 14 показан общий вид отражательного волшебного фонаря (эпископа).

Обычный размер прозрачных картин, изображенных на стекле (диапозитивов), показан на черт. 15, где наружная картинка

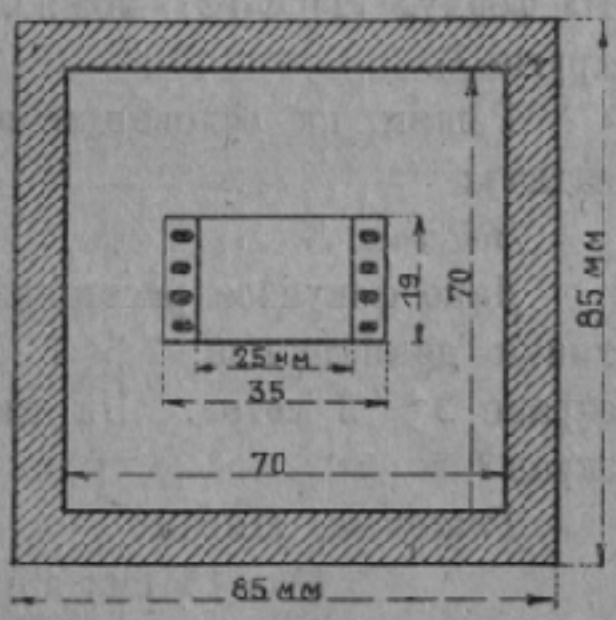
дает размеры рамки диапозитива $8^1/_2 \times 8^1/_2$ см и поля его картины (7×7 см.). Внутренняя же картинка изображает вид кинематографической пленки, ширина которой 35 мм, раз-



Черт. 14. Отражательный волшебный фонарь (эпископ).

мер же самой картинки — 25×19 мм. С боков картинки черным показаны отверстия в пленке *перфорация*, при помощи которых она двигается в аппарате.

В дальнейшем нам часто придется говорить о главном фокусном расстоянии объектива. Таковым называется расстояние точки, в которой пересекаются между собою лучи, прошедшие через объектив и падавшие на него ранее параллельным пучком, до некоторой точки внутри объектива, — чаще всего середины его. Фокусное расстояние, которое мы будем обозначать буквою F, пишется обыкновенно на оправе объектива. Если же этой надписи нет, то это расстояние можно определить следующим образом. Ввинтим объектив в доску фотографической камеры с мехом



Черт. 15. Диапозитив.

и наведем объектив на какой-нибудь отдаленный предмет (для обычных объективов расстояние этого предмета до камеры должно быть не менее 100 фокусных расстояний).

Затем наводим матовое стекло так, чтобы получить на нем резкое изображение этого предмета, и отмечаем на доске чертой A положение матового стекла. Далее наводим объектив на другой предмет, находящийся вблизи камеры и передвигаем матовое стекло так, чтобы на нем получилось изображение этого предмета в натуральную величину. Отмечаем чертой B новое положение стекла. Тогда расстояние AB и будет равно искомому главному фокусному расстоянию. Фокусные расстояния для разных объективов колеблются от 40 до 500 мм.

Обратимся теперь к чертежу 8, и определим зависимость между размерами картинки ab (или a_1 b_1), ее изображения AB на экране и расстояниями d и D картинки и изображения до центра объектива.

Из подобия △-ков abC и ABC имеем:

$$\frac{AB}{ab} = \frac{D}{d} \quad \ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots (1)$$

Кроме того, из физики мы имеем следующую зависимость между d, D и главным фокусным расстоянием (F) объектива:

$$\frac{1}{D} + \frac{1}{d} = \frac{1}{F} \quad \ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots (2)$$

Из формул (1) и (2) можно, зная одни величины, определить другие [1]).

Решим, на основании этого, в виде примера, следующую задачу:

Задача № 1.

Дано фокусное расстояние объектива 15 см, размеры картинки диапозитива 7×7 см и величина изображения ее на экране 2×2 метра. На каком расстоянии следует поместить экран?

Решение. Имеем:

$$F = 15 \text{ см}; \quad ab = 7 \text{ см}; \quad AB = 200 \text{ см}.$$

---

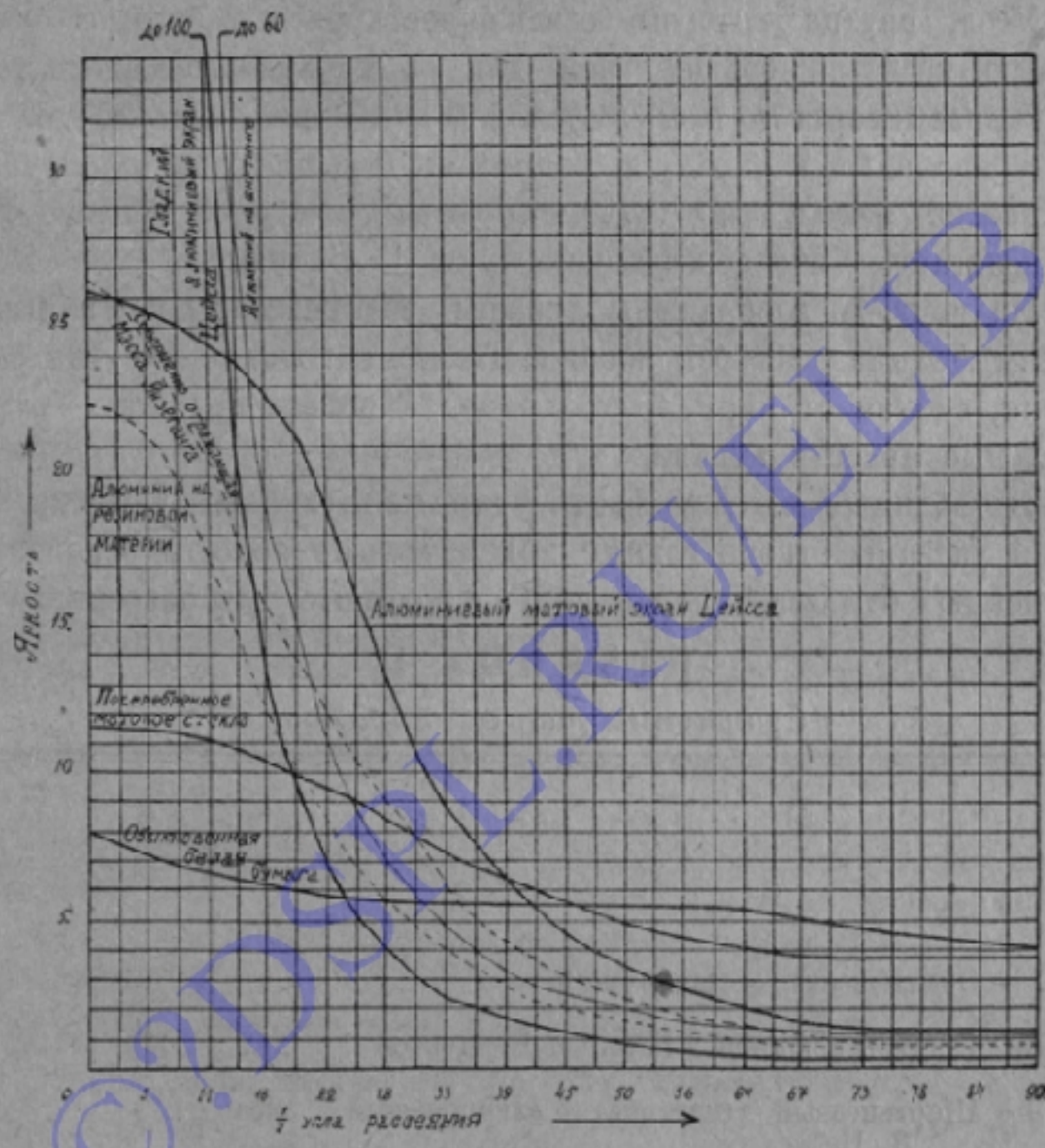
[1]) Предлагаем читателю, интересующемуся номографией, построить номограмму, связывающую величины уравнений 1 и 2. Решение в нашем курсе «Номография», черт. 21.

По формуле 2-й получаем:

$$\frac{1}{D}+\frac{1}{d}=\frac{1}{15}$$

Из формулы (1):

$$\frac{d}{D}=\frac{7}{200} \text{ или } d=\frac{7D}{200}.$$



(Десятичные знаки опущены: Интервал - 5,625°)

Черт. 16. Яркости разных экранов по Леману.

Подставляя это значение в предыдущую формулу, получим:

$$\frac{200}{7.D}+\frac{1}{D}=\frac{1}{15},$$

откуда искомое расстояние $D=4{,}43$ метр.

Экран, на который проектируется картина, должен отражать свет по возможности равномерно во все места, где сидят зрители. Для увеличения отражательной способности экрана,

покрывают последний различными отражающими массами, заключающими в себе порошки металла (алюминий, бронза, серебро), на который мало действует атмосфера. Чаще всего применяют белый матерчатый экран, реже — пользуются чисто отшлифованной и выбеленной стеной.

Угол, внутри которого освещенность разных экранов будет зрителю казаться больше, чем для обыкновенного матерчатого экрана, называется *полезным углом (v) действия* экрана, угол же между нормалью к экрану и крайними отражаемыми им лучами называется *углом (w) лучеиспускания* экрана. (При этом предполагается, что освещающие лучи $\perp$ к экрану.)

На черт. 16 изображены яркости различных экранов по измерениям Лемана. На оси абсцисс нанесены половинные углы рассеяния, считая от нормали к экрану, а по оси ординат — относительные яркости экрана.

В таблице I сделана сводка данных и кривых чертежа 16. В ней указаны относительные максимальные яркости экранов по сравнению с бумажным экраном (H), и полезные углы рассеяния (V).

ТАБЛИЦА I.

Сравнение разных экранов.

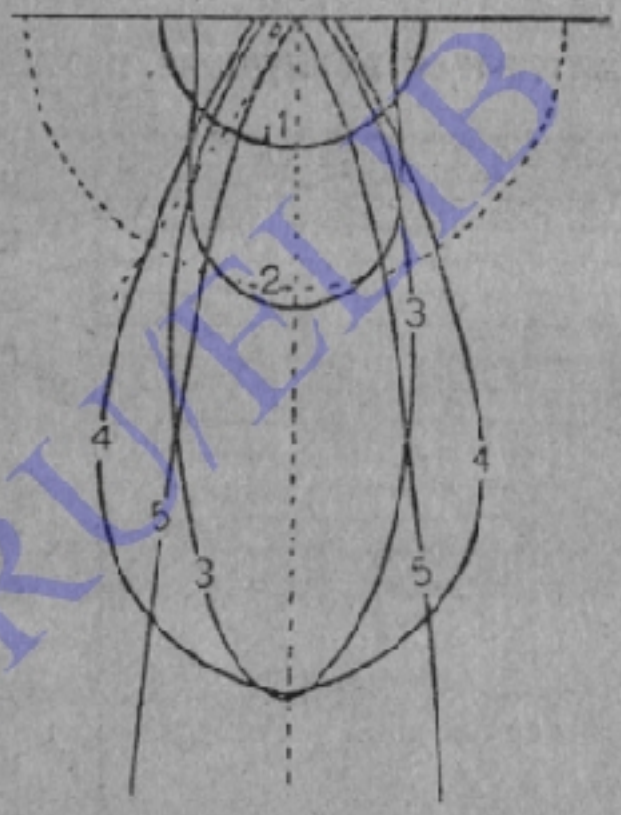
	ЭКРАНЫ.	H	V
1	Обыкновенная белая бумага	1,0	—
2	Гладкий алюминиевый экран К. Цейсса	13,8	48°
3	Шертинговый (материя) алюминиевый экран К. Цейсса	7,8	61°
4	Бороздчатый алюминиевый экран К. Цейсса . . .	3,4	84°
5	Отражательная масса Лизеганга (алюминий в целлулоиде)	3,4	71°
6	Алюминиевый порошок на проклеенной материи (клеевая фабрика Гарбург — Вена)	2,9	56°
7	Крупнозернистое матовое стекло с посеребренным матом	1,6	96°

Величина H указывает, во сколько раз отражение металлического экрана сильнее отражения от бумаги по направлению ⊥ к экрану.

Необходимо иметь в виду, что металлический экран только тогда действительно нужен, когда освещенность экрана ниже 50 люксов, т.-е. ниже той яркости, которую гигиена считает наиболее подходящей для глаз.

Так как металлические экраны во много раз ярче обычных, то на них видны резкие детали форм и окраски, которые незаметны при обычном экране, наконец, они требуют света менее, чем обычные и потому являются более экономичными.

На черт. 17 некоторые данные для экранов изображены в плане, при чем относительные яркости нанесены в полярных координатах от начала О. Цифрами обозначены следующие экраны:



Черт. 17. Относительные яркости экранов.

1 — обыкновенный белый матерчатый экран.

2 — посеребренное матовое стекло.

3 — отражательная масса Лизеганга.

4 — бороздчатый алюминиевый экран Цейсса.

5 — алюминиевая бронза, нанесенная на материю.

Относительно выбора экрана для кинотеатра следует заметить следующее:

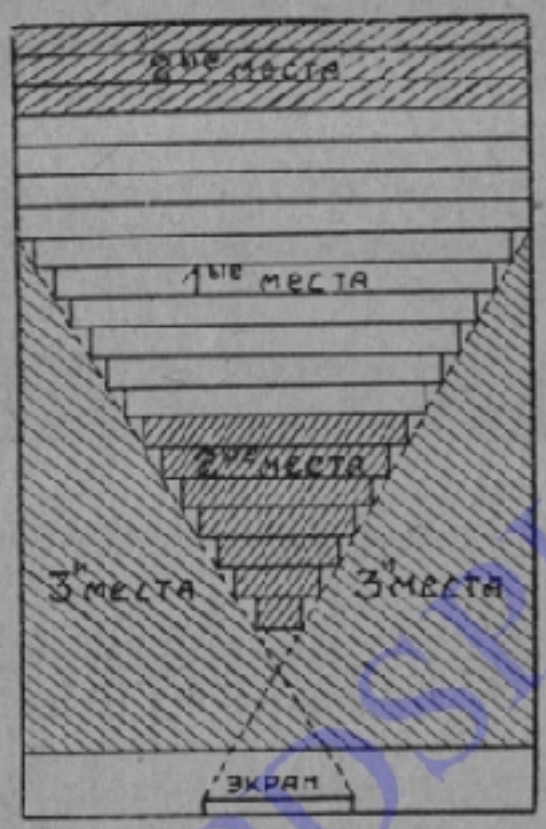
Для небольших театров достаточен обыкновенный белый матерчатый экран.

Для длинных узких театров следует брать гладкие алюминиевые экраны, которые раз в 14 сильнее отражают свет (№ 2 из табл. № I).

Для театров нормальной ширины пригодны шертинговые экраны (№ 3 из табл. I), которые ярче обыкновенных раз в 7 и дают большой (61°) полезный угол действия. Для широких и коротких театров наиболее пригодны бороздчатые экраны (№ 4

из табл. I), яркость которых лишь в $3^1/_2$ раза больше обыкновенного, но полезный угол действия которых зато равен около 84°.

При проектировании и назначении платы за места в кинотеатре можно отчасти руководствоваться следующим примером. Предположим, что у нас длинный и сравнительно узкий зрительный зал (черт. 18). Устанавливаем в нем шертинговый алюминиевый экран (№ 3 из табл. I) с полезным углом действия в 61°. Проводим на плане из углов экрана линии под углами $\frac{61^\circ}{2} = 30^1/_2{}^\circ$ к стене. В углу между этими линиями и будут находиться наилучшие места (1-е и 2-е).



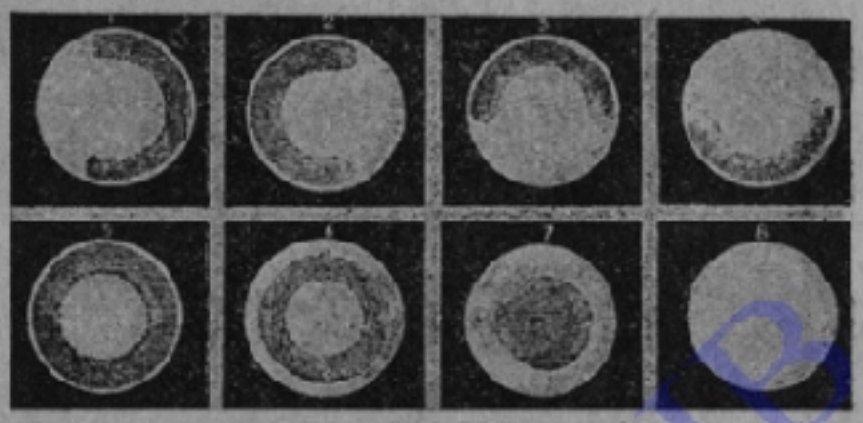
Черт. 18. Распределение мест в кинотеатре.

При этом ближайшие и дальнейшие места назначим вторыми, а средние между ними — первыми. Боковые же места, расположенные вне полезного угла действия экрана, будут третьими. Следует, однако, заметить, что задние вторые места могут быть сделаны первыми при сильном освещении и большей величине экрана.

Установка экрана должна быть произведена так, чтобы оптическая ось фонаря была перпендикулярна к плоскости экрана и проходила через его центр. При этом источник света должен быть установлен так, чтобы его центр лежал на той же оси и в надлежащем расстоянии от конденсатора. В противном случае на экране появляются цветные или теневые пятна (черт. 18).

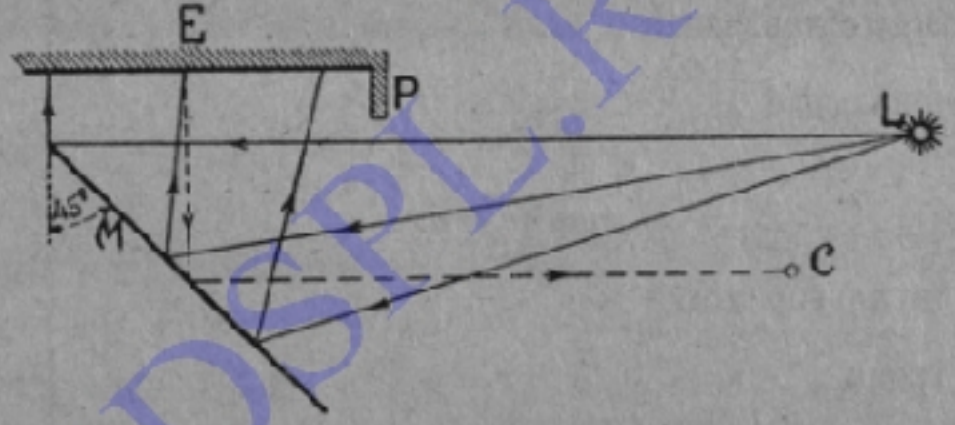
1 — лампа вправо от оси.
2 — » влево » »
3 — » выше » »
4 — » ниже » »
5 — » далеко от конденсатора (желто-красный край).
6 и 7 » близко » » (голубое пятно).
8 — » правильно.

Заметим, что был сделан ряд попыток проектирования при дневном свете. Например, помещали экран в глубину туннеля из светонепроницаемой материи, и зрители располагались на свету перед входом в туннель спиною к фонарю.



Черт. 19. Пятна на экране при разных установках лампы в фонаре.

Пример другого устройства показан на черт. 20. Волшебный фонарь с источником света L помещается сзади сверху зрителей C в освещенном зале (план). Картина при помощи зеркала M отбрасывается на экран, укрепленный на стене E и предохраненный от освещения дневным светом непрозрачной перегородкой P. Изображение на экране, в свою очередь, отражаясь от зеркала M, дает требуемое впечатление для зрителей C.



Черт. 20. План зала при проектировании днем (без затемнения).

В качестве источников света в фонаре служат различные устройства. В таблице II перечислены различные типы ламп и показаны силы света их в децимальных свечах [1]).

---

[1]) Децимальная свеча есть сила света, равная $\frac{1}{20}$ силы света нормального образца Violle'a. Последний же равен свету, испускаемому одним квадратным сантиметром поверхности расплавленной платины при температуре ее затвердевания, т.-е. 1775° C, при чем свет испускается по направлению нормали к поверхности платины. Для сравнения упомянем, что немецкая нормальная парафиновая свеча дает 1,06 дец. свечей.

© DSPL.RU/ELIB

ТАБЛИЦА II.

Сравнение силы света различных ламп.

	Сила света в децим. свечах.
Керосин.	
Лампа «Duplex» с двумя фитилями и с рефлектором .	28
Обыкновенная лампа с 3 фитилями	40
» » » 4 »	49
Усовершенствованная лампа с 4 фитилями . . .	56
Специальные	63—75
Светильный газ	32—33
Спирт.	
Лампа «Alko» без рефлектора	9
» с давлением	80
Специальные	105—163
Ацетилен.	
С двумя горелками	89—98
» тремя »	135—155
» четырьмя »	178—215
Бензино-кислородные	425
Кислородно-ацетиленовые	1150
Эфирно-кислородные	517—1565
Кислородно-водородные	422—1840
Электрические.	
Лампа Нернста	40—205
» дуговая	580—4270

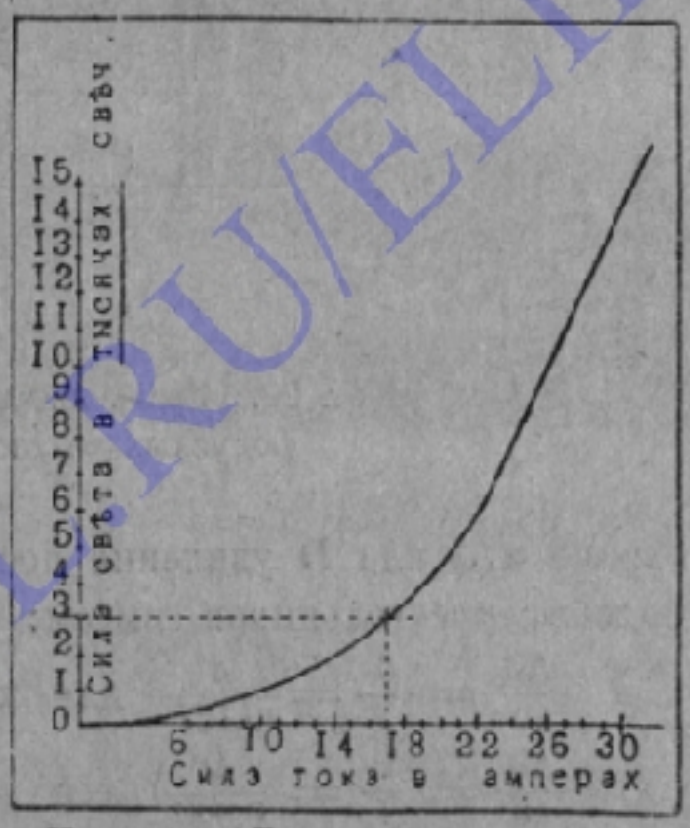
©2DSPL.RU/ELIB

Конденсатор, собирая лучи лампы, увеличивает силу света в требуемом направлении раз в 14. Таким образом лампа в 500 свечей при конденсаторе дает около 7000 свечей и т. д.

При переменном электрическом токе для лампы требуется обыкновенно напряжение 30 — 35 вольт, при постоянном — 40 — 45 вольт.

Сила же тока обыкновенно требуется 30 — 35 ампер. На черт. 21 показана кривая, выражающая зависимость между силою тока в амперах и силою света дуговой лампы в тысячах свечей.

Роль объектива состоит в использовании даваемой конденсатором силы света и в отбрасывании на экране увеличенного, ясного и достаточно сильно освещенного изображения. Здесь могут представиться два типичных случая:



Черт. 21. Диаграмма силы света дуговой лампы.

1. Объектив с коротким фокусом (0,127 метр.) отбросит на экран конический пучок с большим раствором и даст освещенность немного большую той, которую дал бы конденсатор без объектива.

2. Объектив с длинным фокусом (0,300 метр.) отбросит конический пучок с малым углом раствора, но даст освещенность раз в 5 большую. Поэтому при требовании одинаковой освещенности экранов во втором случае экран можно расположить значительно дальше.

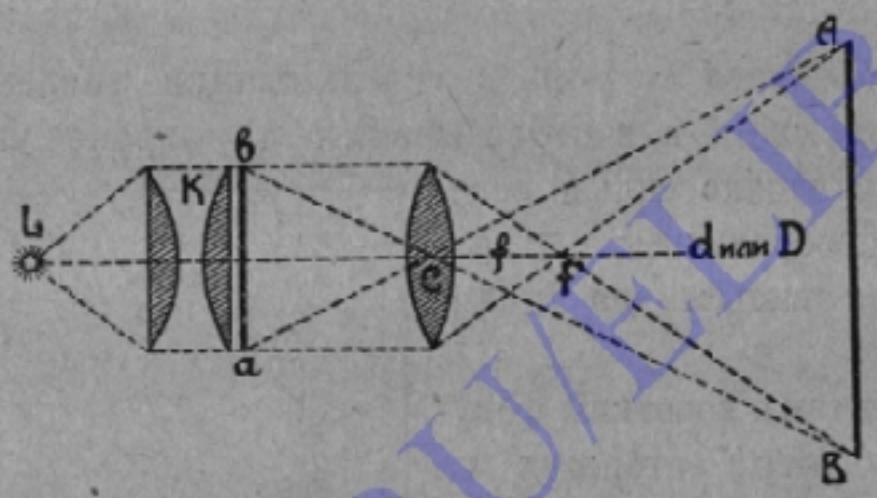
Задача № 2. Определить относительное расположение экранов при одинаковой их освещенности и при указанных двух разных объективах.

Решение. Пусть, согласно опытов, лампа при объективе с фокусом 0,127 метр. дает 1650 свечей, а с фокусом 0,300 метр. — 8690 свечей. Тогда, обозначая расстояние экранов для короткофокусного объектива через d, а для

другого — через D, будем иметь при одинаковой освещенности экранов:

$$\frac{1650}{d^2} = \frac{8670}{D^2}, \text{ откуда } D = \infty\ 2{,}3\,d,$$

т.-е. во втором случае экран может быть удален почти в 2,3 раза дальше. При этом размеры изображений получаются почти одинаковыми. Действительно, пусть на черт. 22 L — источник света, K — конденсатор, ab — картинка, C — центр объектива, F — его фокус, f — фокусное расстояние, AB — изображение на



Черт. 22. Сравнение изображений при разных фокусных расстояниях объектива.

экране и d или D удаление последнего от фокуса F. Тогда, из подобия треугольников, имеем:

$$\frac{AB}{ab} = \frac{d}{f} = \frac{d}{0{,}127} \text{ для короткофокусного объектива,}$$

$$\frac{AB}{ab} = \frac{D}{f} = \frac{D}{0{,}300} \text{ для длиннофокусного объектива;}$$

но $D = 2{,}3\,d$, поэтому для второго случая

$$\frac{AB}{ab} = \frac{2{,}3\,d}{0{,}300} = \frac{d}{0{,}13}$$

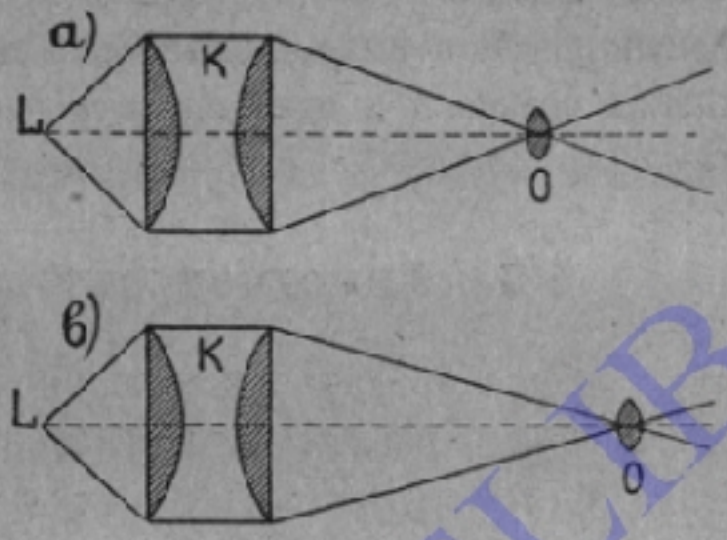
т.-е. почти равно $\frac{d}{0{,}123}$, что и требовалось доказать.

Связь объектива с конденсатором. Как уже было сказано выше, конденсатор увеличивает освещенность картины, а объектив дает на экране ясное и увеличенное ее изображение. Между объективом и конденсатором должна быть связь, которая определяется следующими условиями:

1) Ковус лучей, отбрасываемых конденсатором, должен проходить через объектив, не затрагивая оправы последнего.

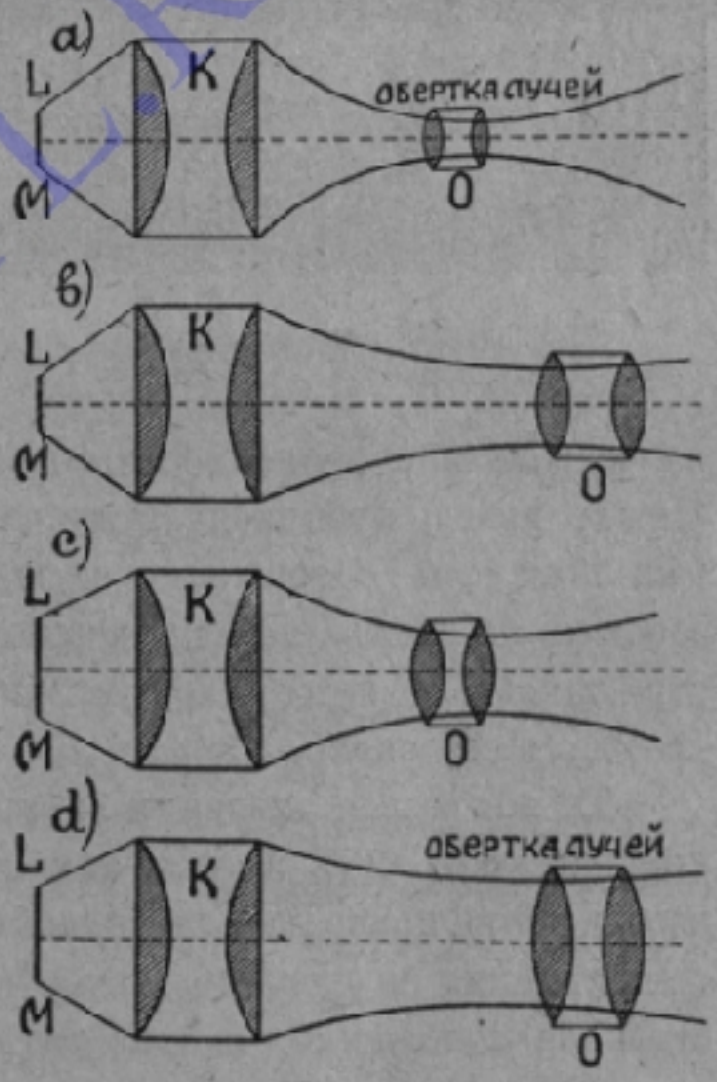
© DSPI.RU/ELIB

2) Если в фонаре с определенным конденсатором установлен короткофокусный объектив, дающий хорошее изображение на экране, то, при замене этого объектива длиннофокусным, следует заменить и конденсатор другим, дающим более острый конический пучок лучей с углом при вершине, соответствующим углу лучей объектива. На черт. 23 (a) изображен короткофокусный объектив, приспособленный к короткофокусному конденсатору. На чертеже (b) показано изменение конденсатора (одна линия более плоская) для длиннофокусного объектива.



Черт. 23.

3) Чем больше размер пламени, дающего свет, тем больше должен быть диаметр объектива, при чем этот диаметр еще более возрастает для длиннофокусных объективов. На черт. 24 (a) изображено пламя LM сравнительно небольших размеров и объектив O небольшого диаметра с коротким фокусом. На черт. (b) при том же размере пламени фокус объектива больше, что вызвало изменение конденсатора (одна линза более плоская), удаление объектива от конденсатора и увеличение диаметра объектива. На черт. (c) размер пламени больше, чем на черт. (a и b) и для короткофокусного (c) и длиннофокусного (d) объективов потребуются еще бо́льшие диаметры. Более



Черт. 24.

©DSPL.RU/ELIB

подробно эта зависимость объясняется разной преломляемостью лучей, разно удаленных от оптической оси фонаря, и в связи с этим несовпадением их фокусов (о чем см. соответствующие главы физики); за последнее время появились лампы, дающие пламя почти в виде светящейся точки, что значительно увеличивает резкость и отчетливость изображения.

§ 3. Кинодиапозитивы и диссольверы.

Стремление дать зрителю впечатление о движущихся фигурах породило различные применения волшебного фонаря, изобретение специальных волшебных фонарей и изготовление различного рода прозрачных картин. Рассмотрим главнейшие из этих изобретений.

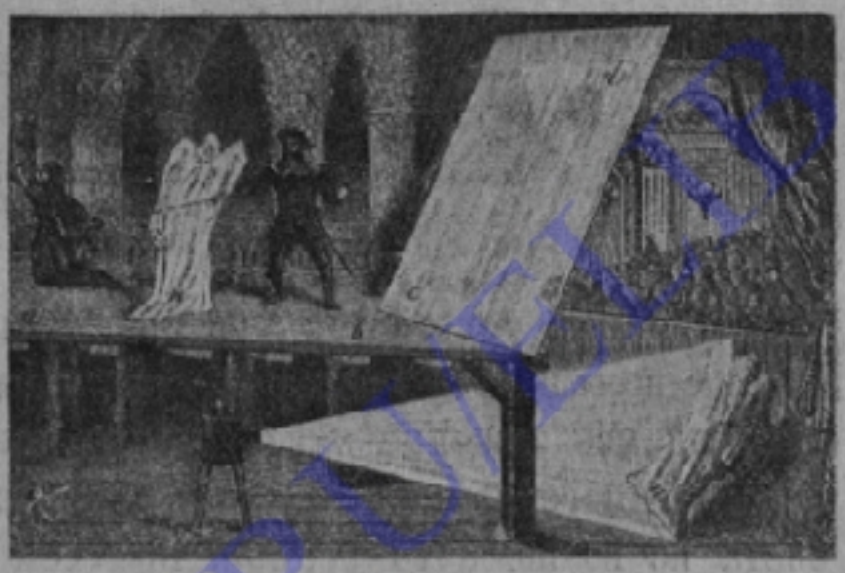
Черт. 25. Призрак.

Живые призраки. Под таким именем называются оптические иллюзии, примененные Робеном в парижских и лондонских театрах и основанные на следующем принципе (черт. 25). Под помостом сцены, невидимо для зрителей, помещается изображающий привидение актер. Между ним и публикой устанавливается фонарь, сильно освещающий актера. Отражение последнего при помощи наклонного зеркала отбрасывается на верхнее прозрачное стекло и, частью отражаясь от него, дает у зрителей впечатление, что призрак движется на сцене.

Те же самые явления можно было бы получать с одним стеклом (черт. 26), но так как при этом, благодаря его наклону, изображение призрака получалось бы еще более наклонным, то, для выпрямления последнего, актеру пришлось бы принимать неестественное положение, сильно затрудняющее как его тело, так и самую игру.

Фантасмагория (греческое слово, обозначающее собрание привидений) представляет собою применение волшебного фонаря для получения на экране изображений, изменяющих свои размеры. Для этой цели фонарь передвигают ближе или дальше от экрана, передвигая в то же время, для достижения ясности изображения, объектив при помощи кремальеры.

Кинодиапозитивы представляют собою прозрачные, вставляемые в фонарь картинки, отдельные части которых могут или передвигаться или заменяться другими. Например, на черт. 27 вверху изображена голова Петрушки, кончик носа которого отдельно нарисован на прозрачной части в остальном затемненного выдвижного диска. Если же последний выдвинуть (черт. 27, внизу), то диапозитив отразит Петрушку с большим носом и с сидящей на носу фигуркой.



Черт. 26. Призрак.

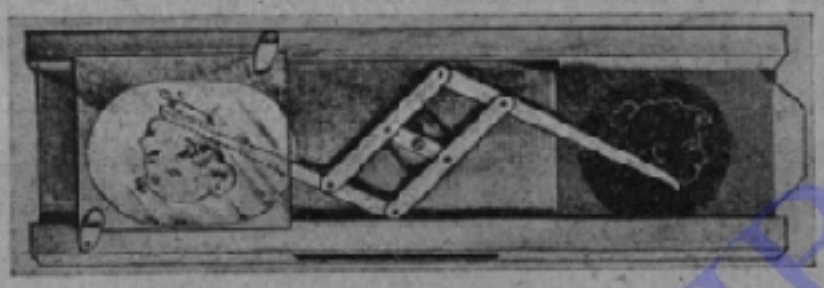
Иногда применяют и такой эффект. На диапозитиве изображают берег моря с маяком, луч света которого может двигаться по картине. Этот эффект достигается при помощи вращения ручки, которая зубчаткой вращает одно из двух стекол диапозитива, именно то, на котором изображен призрачный луч и более темный остальной фон. Картина же, изображающая берег и море, нарисована на неподвижном диапозитиве.

Черт. 27. Петрушка.

Еще пример кинодиапозитива изображен на черт. 28. Левая часть рамки с закопченным стеклом вставляется в фонарь, к закопченной поверхности прилегает острие, соединенное рычагами с другим, которое демонстратор может водить по контурам фигуры, невидимой зрителям.

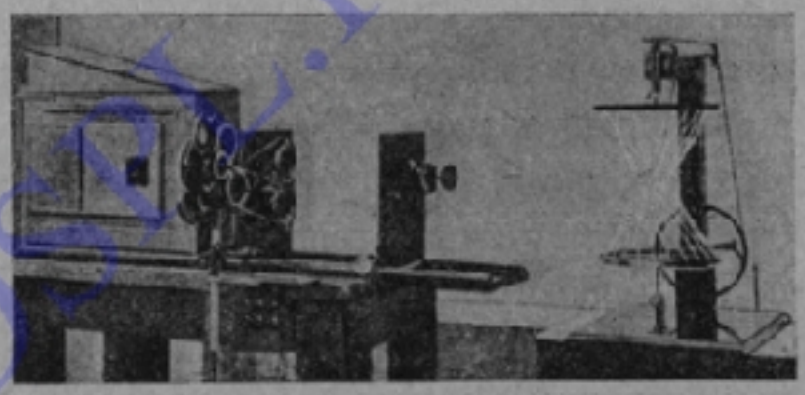
Тогда левое острие прочертит на закопченном стекле соответствующие линии, и зрители увидят на экране постепенное выявление рисунка.

Интересное применение движущихся диапозитивов к геометрии было сделано немецким профессором Папперитцом (Papperitz). Последний изобрел прием проектирования, названный им *кинодиафрагматической проекцией* и имеющий целью изображение геометрических фигур на плоскости или в пространстве.



Черт. 28. Кинодиапозитив.

Принцип устройства прибора заключается в том, что вместо экрана помещается вращающийся проволочный контур (черт. 29), дающий изображение какой-нибудь поверхности, например, однополого гиперболоида. На эту поверхность падает узкий пучок света из волшебного фонаря, при чем пучок этот, проходя через



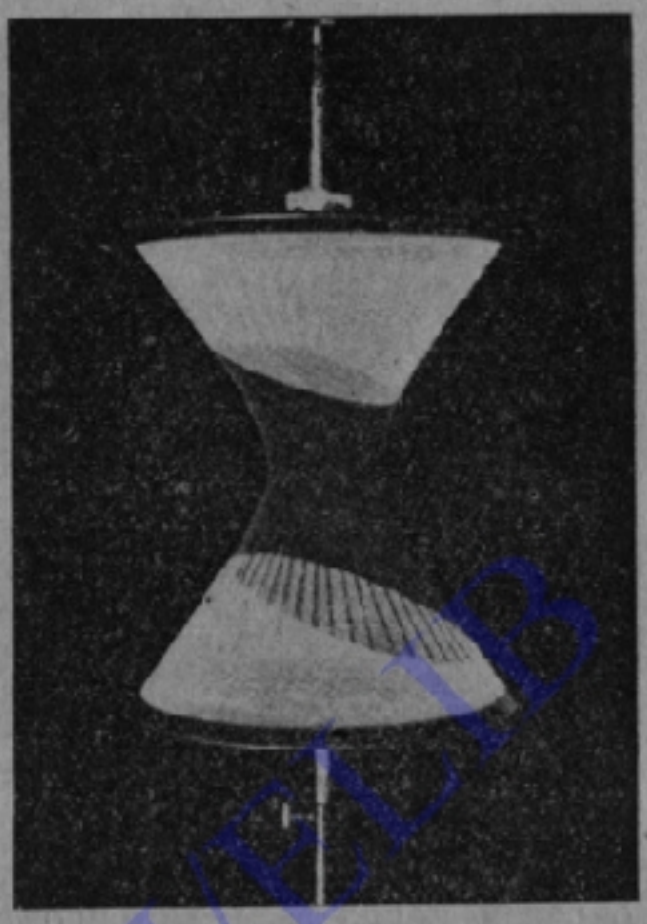
Черт. 29. Кинодиафрагматический прибор Папперитца.

диафрагму с щелью любого вида, может иметь любую форму и дать требуемое сечение на поверхности. Например, на черт. 30 изображено сечение однополого гиперболоида вращение двумя плоскостями. Кроме того, при помощи особого устройства из системы передач можно на пути пучка лучей поместить два налегающих друг на друга вращающихся темных стекла с прозрачными полосами любой формы (черт. 31) (например, крест и круг).

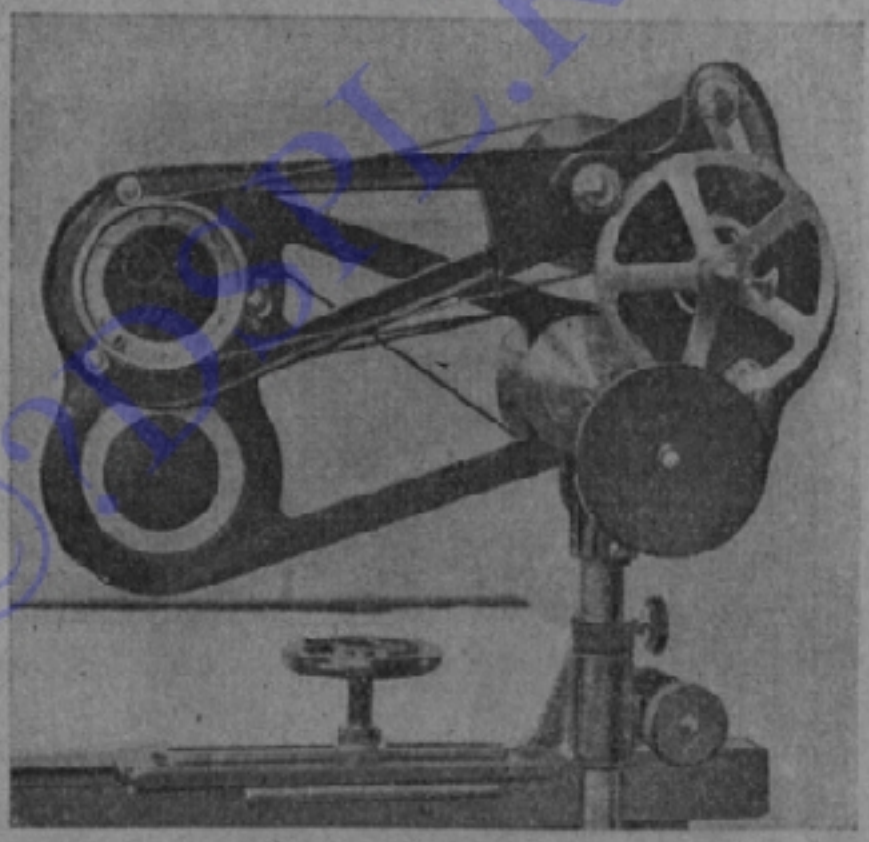
©?DSTU.RU/ELIB

Лучи света, проходя через совпадающие места прозрачных линий (черт. 32), вычертят на экране или на проволочной поверхности желаемую кривую (черт. 33). На черт. 34 показан пример полученного на экране при помощи креста и круга изображения кривых 4-го порядка [1]).

Интересные эффекты на экране получаются при отбрасывании на него видов из двух волшебных фонарей. В каждый из них вставляются диапозитивы одних и тех же предметов, но находящихся в различных состояниях, например, Везувий днем в спокойном состоянии и он же



Черт. 30. Сечение гиперболоида плоскостью в кинопроекции Папперитца.

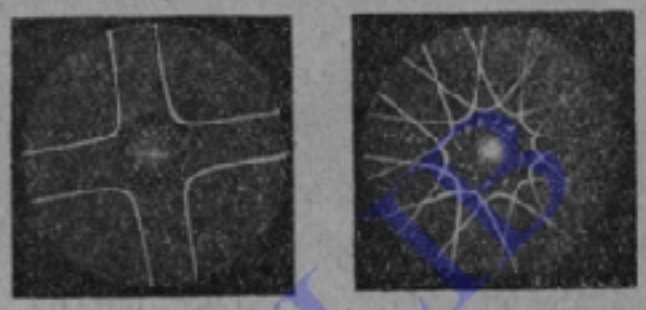


Черт. 31. Деталь к прибору Папперитца.

[1]) Подробности см. статью E. Papperitz «Ueber das Zeichnen im Raume» в Jahresberichte der Deutschen math. Ver. 1911-12 г., а также в Zeitschr. f. Math. und Naturwiss. Unterricht. 1911-12 г.

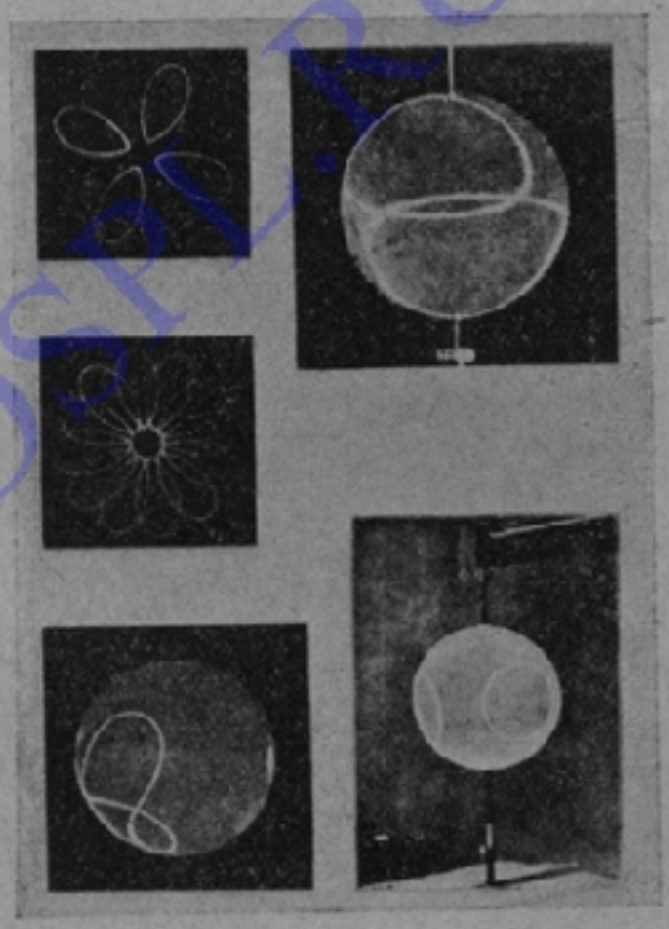
ночью во время извержения. Направивши оба рисунка на одно и то же место экрана, сначала проектируют дневной вид, затем постепенно закрывают объектив этого волшебного фонаря и в то же время постепенно открывают объектив второго фонаря с ночным видом. Таким

Черт. 32. Деталь к прибору Папперитца.



Черт. 33. Плоские кривые в кинопроекции Папперитца.

образом перед зрителем пройдет ряд видов Везувия от дневного до ночного. Подобные изображения называются *панорамою*

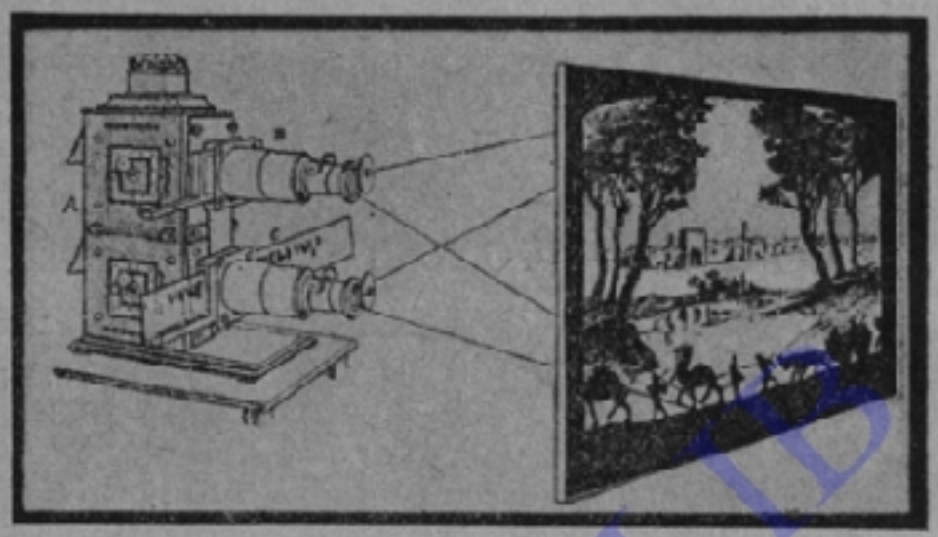


Черт. 34. Кривые 4-го порядка в кинопроекции Папперитца.

(от греческих слов, означающих *множество видов*), французы называют такие виды *текущими*—projections fondantes, по англий-

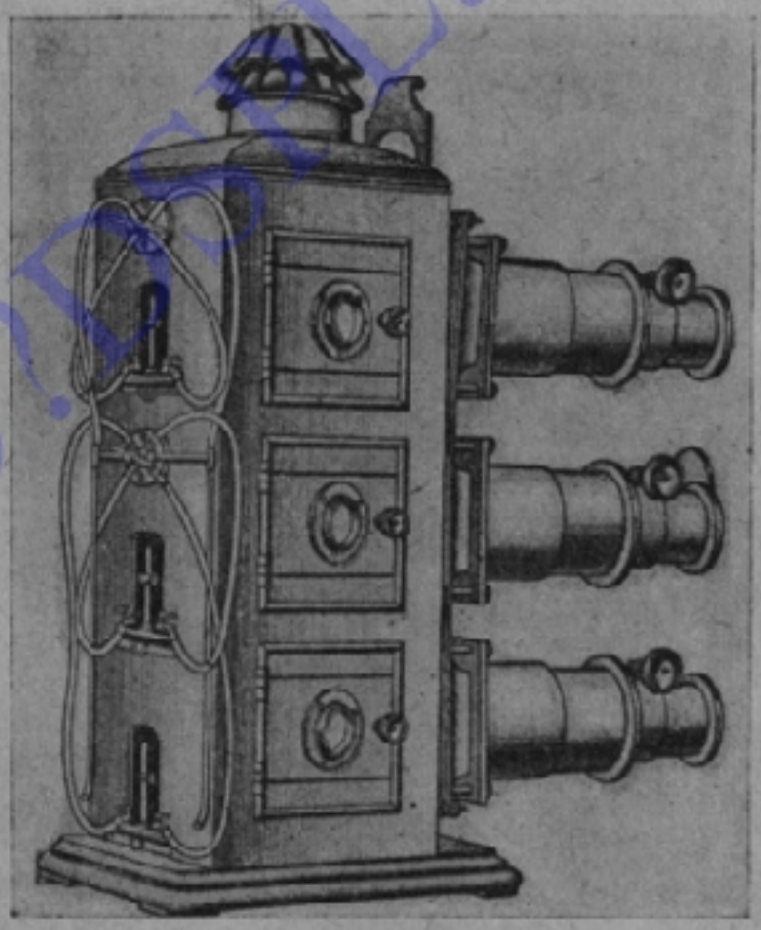
©?DSPL.RU

ски—dissolving projections. Волшебный же фонарь, состоящий из двух, а иногда и более комплектов и служащий для этой цели, называется *диссольвером* (буквально—текущим). На черт. 35 изображен подобный диссольвер из двух фонарей. В нижний вставлен вид города при ясном небе. В верхний—можно вставить вид того же города при грозе. Кроме того в нижний же фонарь вставляется еще подвижной длинный диапозитив с изображением каравана. Двигая этот диапозитив, получим иллюзию движения силуэтов на фоне пейзажа.



Черт. 35. Двойной диссольвер.

Для усиления и добавления эффектов иногда устраивают даже тройной диссольвер (черт. 36).



Черт. 36. Тройной диссольвер.

Глава II. Фотография и ее значение для кинематографии.

§ 4. Фотография.

Честь изобретения и проведения в жизнь фотографирования предметов принадлежит французским изобретателям *Дагеру* (черт. 37) (1787 — 1851) и *Ниэнсу* (черт. 38) (1765 — 1833).

Черт. 37. Дагер (1787 — 1851).

Начало практической фотографии следует отнести к 10 августа 1839 года, когда в заседании французской академии Араго сделал доклад о способе Дагера. Однако, известно, что первоначальные работы, хотя еще и несовершенные, по фотографии у Ниэнса относятся к 1811 году, а у Дагера к 1829 году.

Араго так описывает способ Дагера: медная посеребренная пластинка подвергается действию паров иода и затем помещается в фотографической камере в таком месте, чтобы на ее поверхности образовалось изображение снимаемого предмета. Тогда на освещенных местах под действием света осаждаются пары ртути. Если затем, промыв пластинку жидкостью, растворяющею иодистое серебро, смотреть на нее так, чтобы в ней отражались темные предметы, то части, покрытые ртутью, кажутся светлыми на темном фоне, на котором и вырисовывается изображение предмета.

RUSLIB

Не останавливаясь более на истории развития фотографии, опишем лишь в общих чертах сущность фотографического процесса. На черт. 39 изображена схема разреза фотографической камеры. AB—снимаемый предмет, O—объектив, состоящий из системы оптических стекол [1]).

Лучи света, идущие от предмета AB и преломляясь в объективе, дают на задней стенке M камеры изображение ab предмета в перевернутом виде. Для того, чтобы получить резкое изображение, заднюю доску камеры при помощи меха gg можно отодвигать или придвигать к передней доске. Для более точной наводки служит зубчатка (k), называемая *кремальерой*, при помощи которой можно передвигать оправу ее объектива O, внутри внешней трубки ff.

Черт. 38. Ниэнс. (1765 — 1833).

На месте задней стенки ставится матовое стекло M, на котором и видно изображение ab. Когда последнее получится достаточно резким, матовое стекло удаляют и на его место вставляют ящик (*кассету*) с светочувствительной пластинкой. Открыв кассету со стороны камеры, мы подвергнем ее действию света; эта операция называется *экспозицией*. После этого пластинка подвергается в лаборатории негативному процессу. Для

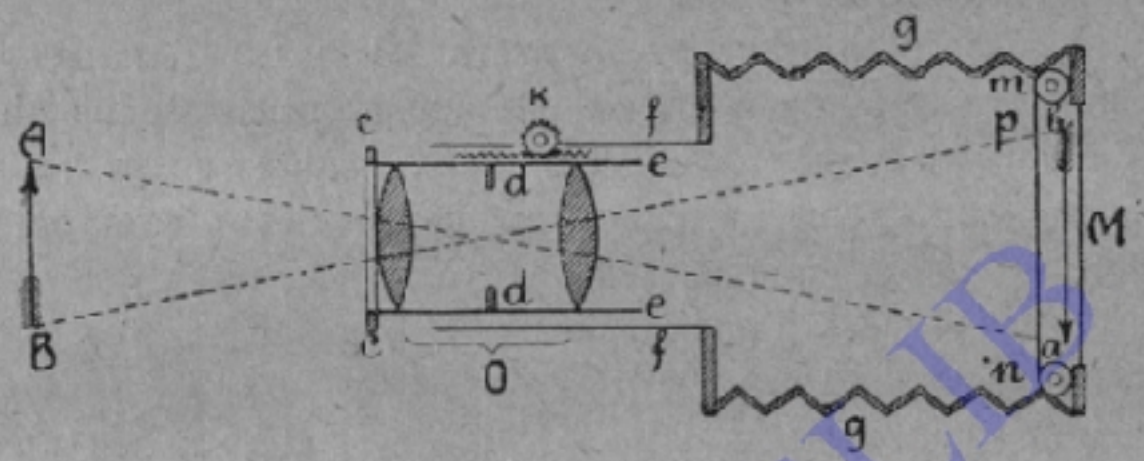
[1]) По свойству преломления лучей объективы разделяются на ахроматы апланаты и анастигматы.

Ахроматическими называются объективы, состоящие из комбинаций стекол, при помощи которой лучи света, падая на пластинку, не разлагаются на составные цвета.

Апланатами называются объективы, при помощи которых центральные, параллельные оси объектива, лучи дают изображение почти у главного фокуса объектива (ослабляется сферическая аберрация).

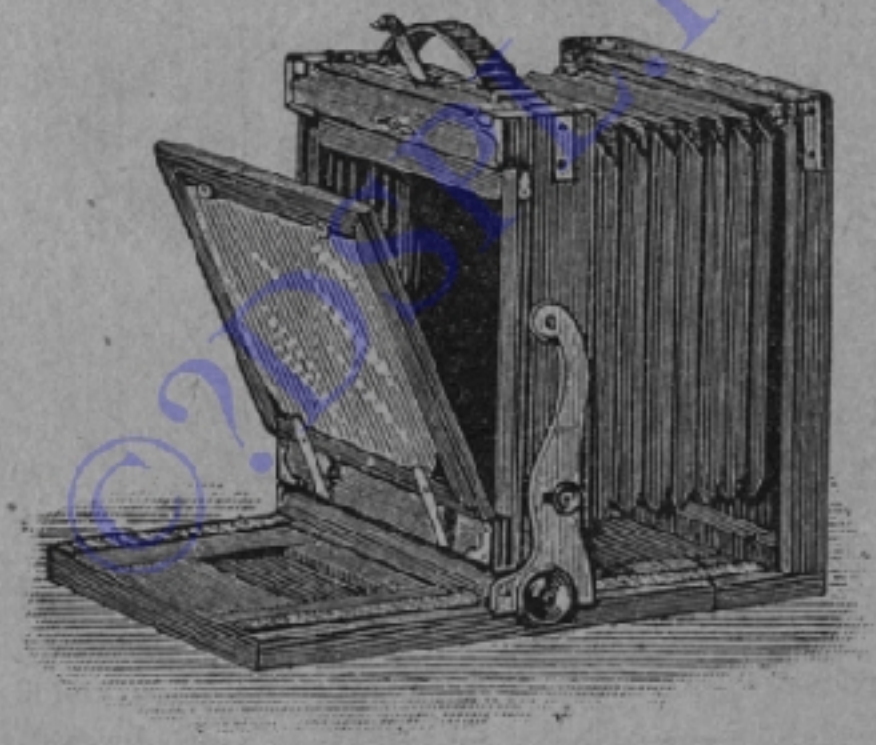
Анастигматами называются объективы, соединяющие в себе качества ахроматов и апланатов и, кроме того, дающие и при наклонных лучах резкое изображение в одной плоскости.

ослабления или усиления действия света внутри объектива помещают кольцеобразную перегородку dd, называемую *диафрагмой*, диаметр отверстия которой можно менять. Для предохранения пластинки от действия лучей света и для открывания ее во время



Черт. 39. Схема разреза фотографической камеры.

съемки служит *затвор*, который устраивают или перед объективом (cc) или перед пластинкой (mn). Здесь mn изображает непрозрачную материю, наворачиваемую на ролики m и n. В материи имеется щель p, которая, проходя мимо пластинки, и открывает возможность действия на нее света.



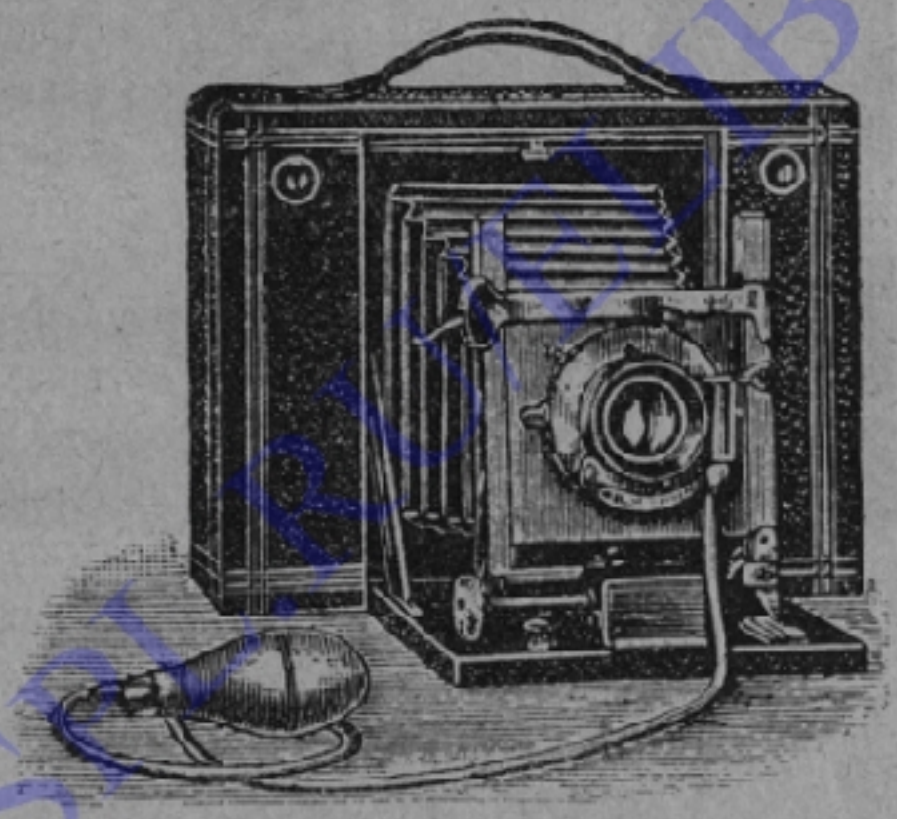
Черг. 40. Вид фотоаппарата со стороны матового стекла.

На черт. 40 изображен общий вид фотографической камеры со стороны матового стекла, а на черт. 41 вид другой камеры — со стороны объектива. На последнем рисунке показан затвор, устроенный у объектива и действующий пневматически при помощи резиновой груши.

Химический процесс фотографирования в настоящее время в общих чертах заключается в следующем. На пластинке имеется светочувствительный слой, содержащий одну или не-

сколько солей серебра (хлористое — Ag Cl, бромистое — Ag Br или иодистое — Ag J — серебро).

После экспозиции в камере этого слоя пластинку в лаборатории *проявляют*, т.-е. погружают в раствор одного из проявителей, под влиянием которого на местах, подвергавшихся действию света, происходит разложение серебряных солей. После этого на пластинке видно уже изображение предмета, при чем светлые части предмета будут на пластинке темными, а темные части предмета — светлыми. Подобное изображение называется *негативом*. Однако, после проявления негатив еще чувствителен к действию света, и изображение может на свету исчезнуть. Чтобы закрепить (*фиксировать*) изображение, следует пластинку промыть жидкостью, растворяющею неразложенные соли. Указанные операции производятся при освещении красным светом, который не действует на пластинку. После фиксации негатив промывается и высушивается.



Черт. 41. Вид фотоаппарата со стороны объектива.

От негатива получается *позитив* путем копирования. Для этого помещают в копировальную рамку прозрачный негатив, а под ним чувствительную пластинку (или чувствительную бумагу), и выставляют рамку на свет. Лучи, прошедшие через негатив, производят во второй пластинке действие, которое тем сильнее, чем светлее данное место негатива. Смотря по роду пластинки, на ней получается разложение содержимой серебряной соли либо немедленно, либо под влиянием проявителя. Остается фиксировать изображение, т.-е. удалить неразложенные соли, чтобы иметь позитив, в котором темные и светлые места расположены как в снимаемом предмете.

Черт. 42. Негатив.

Черт. 43. Позитив.

На черт. 42—43 изображены примеры негатива и позитива морского вида.

Примером проявителя может служить пиррогалловая кислота, а фиксажа — серноватисто-натровая соль.

Если позитиву желают придать ту или иную окраску, то его после фиксирования погружают в *виpаж*, т.-е. в раствор соответствующей краски.

Весьма распространены в настоящее время негативные пластинки, покрытые *броможелатинной эмульсией*, состоящей из затвердевшего раствора желатины, в которой распределены мельчайшие частицы бромистого серебра.

Чрезвычайная чувствительность таковых пластинок привела к возникновению *моментальной фотографии*, при которой экспозиция продолжается, смотря по силе света, лишь малую долю секунды. Достаточно 0,00001 сек., чтобы получить фотохимическое действие непосредственных солнечных лучей; на практике применяют обыкновенно пластинки с экспозицией от 0,01 до 0,1 сек.

©2DSPL.RU/LIB

§ 5. Простейшие приемы фотографирования движения.

Изобретение фотографии и применение для нее весьма чувствительных пластинок дало возможность фотографировать предметы, находящиеся в быстром движении, и, вместе с тем, навело на мысль делать быстро следующие один за другим снимки с одного и того же движущегося предмета. Полученные таким образом снимки дают возможность изучать самое движение предмета, его кинематику. Не останавливаясь здесь подробно на истории развития подобных методов, опишем лишь опыты главнейших деятелей в этом направлении, именно Мьюбриджа, Янсена, Марея и Аншюца.

Черт. 44. Мьюбридж.

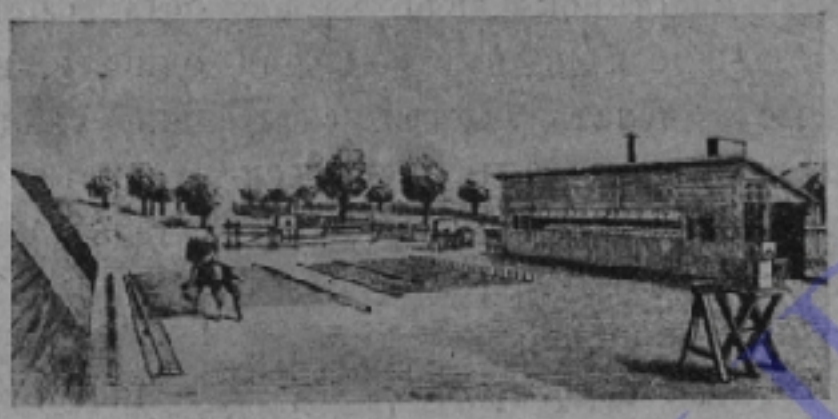
Эдуард Мьюбридж (E. Muybrige), американский фотограф-любитель, произвел в С.-Франциско по совету калифорнского губернатора Станфорда ряд снимков с быстро движущихся животных и людей. Начало этих опытов относится еще к 1882 году [1]). В начале результаты опытов были не вполне удовлетворительными, в особенности благодаря применению для фотографирования мокрых коллодионных пластинок. После же изобретения сухих пластинок (1883 г.) Мьюбридж дал серию интересных снимков.

Способ Мьюбриджа заключался в следующем [2]) (черт. 43). В крытой галлерее помещалось от 12 до 30 фотографических

[1]) Опыты эти были опубликованы под редакцией Станфорда доктором Вильманном (Willmann) в книге «The Horse in Motion as schown by instantaneous Photography». In 4°. London. Turner and C°, 1882.

[2]) Muybridge E. «Animal locomotion, an electrophotographic Investigation of consecutive phases of animal movements». Philadelphia 1887, 783 Planches;

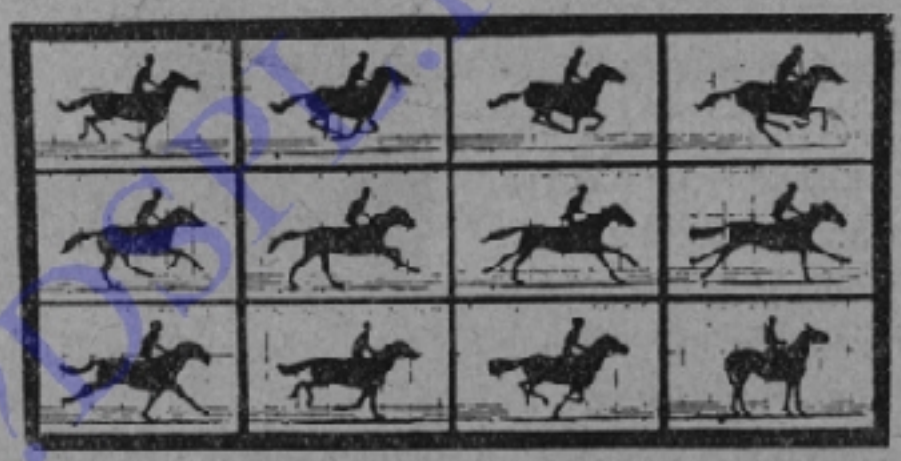
камер, снабженных затворами, которые соединялись электрическими проводами с клавишами, уложенными на местности перед галлереей. За клавишами помещался белый наклонный экран, отражавший свет в камеры. Когда по клавишам проезжал всад-



Черт. 45. Установка Мьюбриджа.

ник, или пробегало какое-нибудь животное, то при нажимании клавиш, соответствующий аппарат производил съемку.

Мьюбриджу удавалось производить съемки через $^1/_{25}$ секунды с экспозицией до $^1/_{1000}$ сек. При быстром движении получались

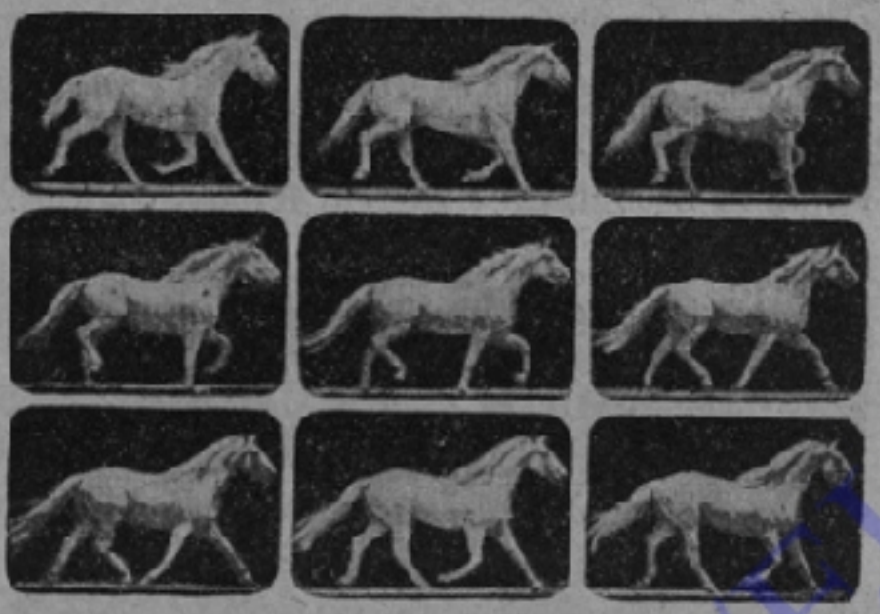


Черт. 46. Силуэты всадника (по Мьюбриджу).

силуэтные снимки (черт. 46), при медленном же движении вырисовывались и контуры (черт. 47). Попутно Мьюбриджем производились боковые снимки при помощи аппаратов, установленных сбоку (черт. 45).

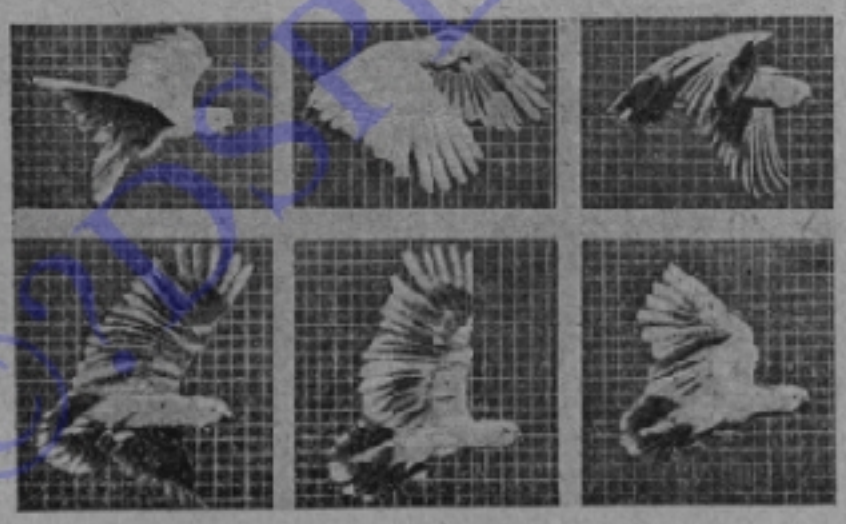
Muybridge E. «The science of animal locomotion (Zoopraxography)». Philadelphia. 1891; Muybridge E. «Animal in motion. An electro-photographic investigation of consecutive phases of animal progressive movements». London. 1899.

Кроме снимков с бегущих животных Мьюбридж сделал ряд фотографий с летающих птиц. Пример серии таких фотографий дан на черт. 48, где изображен полет какаду.



Черт. 47. Движение лошади (по Мьюбриджу).

Янссен. В 1873 году французский астроном Янссен (Janssen), директор Меданской обсерватории, изобрел фотографическую камеру, по внешнему виду похожую на револьвер и названную им *астрономическим револьвером.*

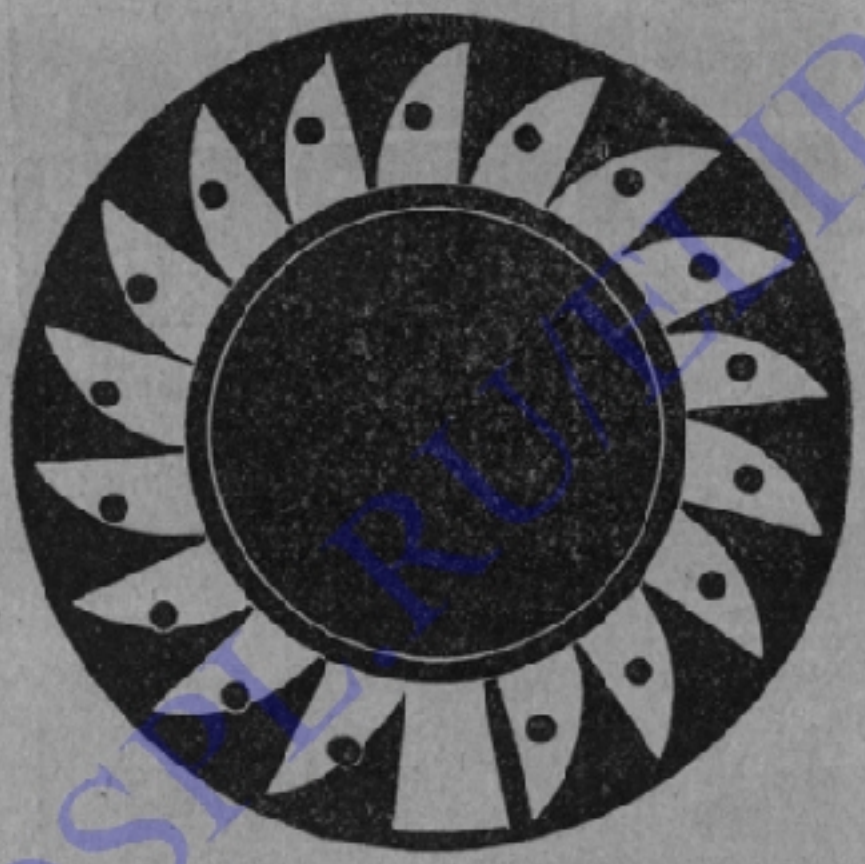


Черт. 48. Полет какаду (по Мьюбриджу).

В казенной части его вращается круглая чувствительная фотографическая пластинка, при чем это движение совершается прерывисто. На пластинке по ее окружности может поместиться ряд изображений, по мере того, как она поворачивается и останавливается соответственным местом против дула револьвера.

Этим аппаратом Янссен воспользовался во время своей экспедиции в Японию и при фотографировании прохождения планеты Венеры через диск солнца в 1874 году [1]).

Время экспозиции каждого снимка было около $^1/_{3000}$ секунды. На черт. 49, одна из пластинок Янссена, изображающая 17 снимков с Венеры 8 декабря 1874 года. Снимки сделаны через каждые 70 сек. Диск Венеры изображен черным кружком, светлый же треугольник изображает часть диска солнца. На первом



Черт. 49. Прохождение Венеры по диску солнца (по Янссену).

(внизу, немного слева) изображении диск Венеры выступает еще из диска солнца, на третьем же он имеет с ним внутреннее касание.

Интересно отметить, что для достижения прерывистости движения Янссен изобрел механизм, представляющий существенную часть в современных кинематографических аппаратах и называемую теперь *мальтийским крестом*, описание которого будет дано позднее.

---

[1]) Bulletin de la société française de photographie. 14 dec. 1876.

Марей (Etienne-Jules Marey), французский физиолог (черт. 50), родился 5 марта 1830 г. в гор. Бон (Beaunne), скончался 15 мая 1903 г. в Париже. Большую часть своей жизни он посвятил изучению физиологии и движению человека, птиц, насекомых и других животных. Основанный им для этой цели институт и в настоящее время продолжает подобные исследования (Paris, Parc des Princes, Avenue Victor Hugo). Не касаясь описания многочисленных его работ по исследованию движения, начатых еще с 1870 года, и отсылая интересующихся к соответственным источникам [1]), опишем здесь лишь два его метода для изучения движения человека, лошади и птиц.

Черт. 50. Марей (1830 — 1903).

Первый метод, применявшийся Мареем с 1882 года для изучения движения человека и лошади, заключался в следующем:

---

[1]) E. J. Marey. «Physiologie médicale de la circulation du sang». Paris. 1863.
» «Recherches sur la circulation sanguine». Paris. 1858.
« «La circulation du sang». Paris. 1881.
« «Recherches sur la circulation du sang à l'état physiologique et dans les maladies» 1859.
E. J. Marey. «La machine animale». Paris. 1873.
E. J. Marey. «La mèthode graphique dans les sciences expérimentales». Paris 1885.
E. J. Marey «Le vol des oiseaux». Paris. 1890.
E. J. Marey. «Du mouvement dans les fonctions de la vie» Paris. 1868.
« «Physiologie expérimentale». Paris. 1876—1880.
« «Les eaux contaminées et le choléra». Paris. 1884.
« «Résultats de l'enquête sur l'épidémie de choléra en France en 1884». Paris. 1885.

Общество ученых, работающих в институте Марея, образует ассоциацию института Марея, которая время от времени издает труды над названием «Travaux de l'association de l'institut Marey».

RUSLIB

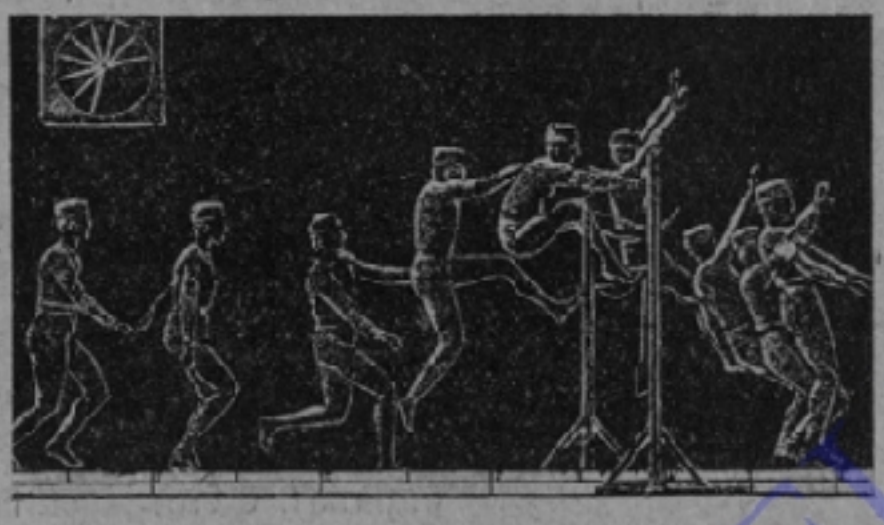
на круглой площадке перед лабораторией (черт. 51) был уложен круговой путь, по краю которого шли телеграфные столбы через

Черт. 51. Фотодром Марея.

каждые 50 метров. Как только человек или лошадь проходили мимо столба, давался сигнал на станцию, на основании чего можно было определить среднюю скорость движения. Фотографическая камера устанавливалась в особом домике-тележке (черт. 52), который мог перекатываться по радиальному пути и устанавливаться ближе или дальше от снимаемого движущегося предмета. Съемка производилась на фоне черной стены. Человек же одевался в белое трико. Одновременно с человеком фотографировалась шкала пройденного им расстояния и стрелка, указывающая время прохода. Шкала и стрелка устанавливались у черного экрана. В тележке перед фотографическим аппаратом

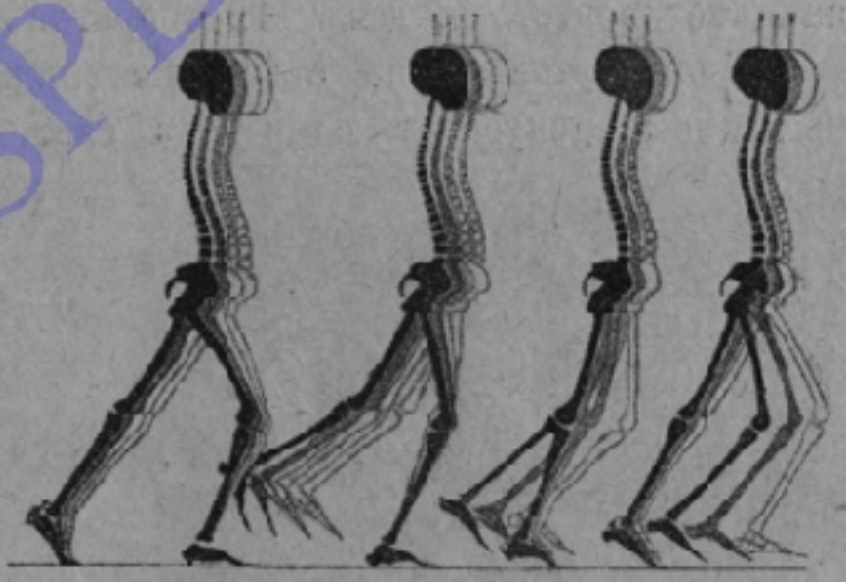
Черт. 52. Фототележка Марея.

(один, а не 30, как у Мьюбриджа) помещался вращающийся круглый диск с отверстием. Этот диск служил затвором объектива и давал экспозицию в $^1/_{1000}$ сек. Съемка производилась приблизительно через каждую $^1/_{10}$ сек. В начале своих опы-



Черт. 53. Прыжок человека (по Марею).

тов Марей вращал и фотографическую пластинку. Потом же он оставлял ее неподвижной, получая на ней серию снимков. На черт. 53 показан один из снимков Марея, изображающий прыжок одного и того же человека в высоту. В левом верхнем углу снята и стрелка в своих девяти положениях, соответствующих девяти снимкам человека. Так как полный оборот стрелка делает в одну секунду, то, измеряя углы между отдельными ее положениями, можно определить время между фазами движения человека; измеряя же по сфотографированной внизу шкале пути, им пройденные, можно вычислить и скорость движения.



Черт. 54. Фазы движения скелета человека при ходьбе (по Морею).

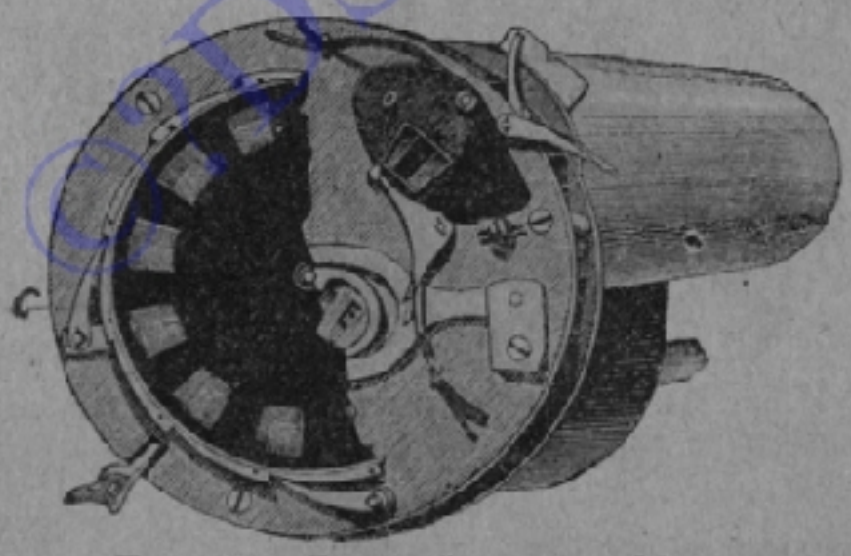
Для того, чтобы при медленном движении человека отдельные снимки его не налегали на фотографии друг на друга, Марей одевал человека в черный костюм и пришивал к его

костюму блестящие бляхи и полоски, которые на фотографии ясно изображали движение головы, руки и ног. На основании последовательных снимков человека можно было составить фазы движения его скелета (черт. 54).

Черт. 55. Фоторужье Марея.

Другой метод Марея, применявшийся им в 1883 году для изучения полета птиц, состоял в следующем. Он усовершенствовал астрономический револьвер Янссена и изобрел «фотографическое ружье» (черт. 55—57). Объектив имеется в дуле (черт. 56, справа), фотографическая камера в казенной части (черт. 56, слева. Сзади дула находится втулка с часовым механизмом, который вращает металлический диск с пробитым на его периферии одним отверстием. При нажимании курка ружья диск начинает вертеться, делая 12 оборотов в секунду.

Упомянутое выше отверстие диска при каждом повороте последнего допускает один раз свет падать на находящуюся

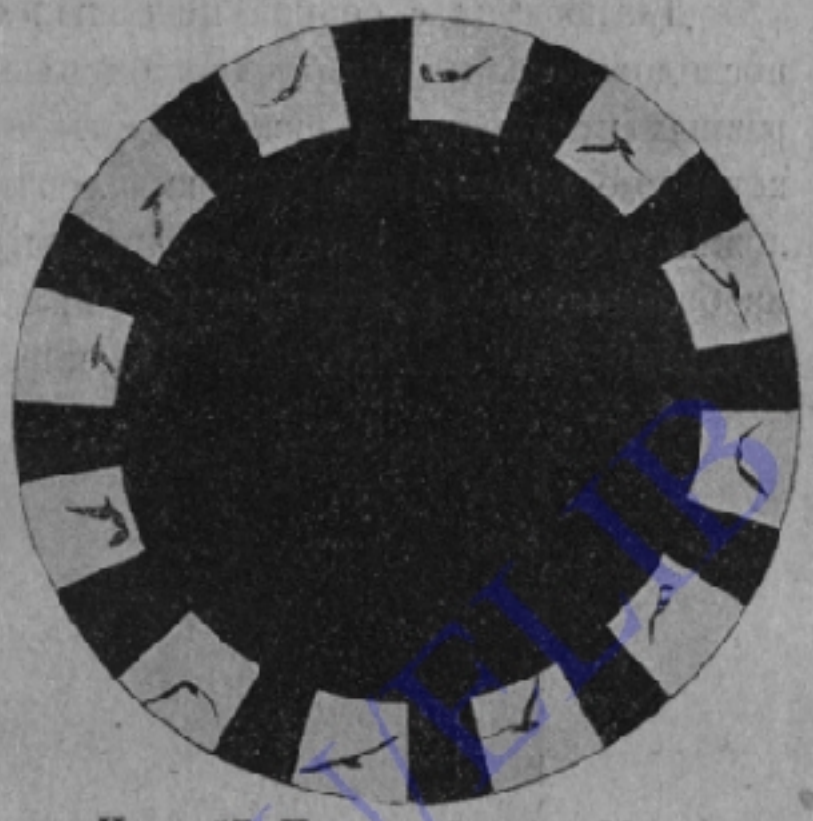


Черт. 56. Деталь фоторужья Марея.

сзади диска фотографическую пластинку, производя экспозицию в $^1/_{720}$ сек. Между чувствительной пластинкой и металлическим диском помещается второй диск с двенадцатью радиальными окнами. Этот диск при помощи собачки, упирающейся в зубцы диска, поворачивается на $^1/_{12}$ оборота при одном обороте первого диска. Фотографическая пластинка вращается вместе

со вторым диском. Эксцентрик, вращаясь на оси, дает это прерывистое движение, передвигая собачку.

Особая заслонка закрывает окончательно доступ света в камеру, когда сделаны все 12 снимков. Кнопка сдавливает пластинки 2-ю и 3-ю друг с другом. Для наводки на фокус служит особое отверстие. На черт. 55 изображена сумка с 25 фотографическими пластинками; из нее можно вынимать и вставлять в ружье пластинки и, обратно, вкладывать в нее экспонированные пластинки.



Черт. 57. Полет чайки (по Марею).

На черт. 57 показан позитив двенадцати изображений чайки в разных стадиях ее полета. Все изображения сняты в 1 сек. ружьем Марея.

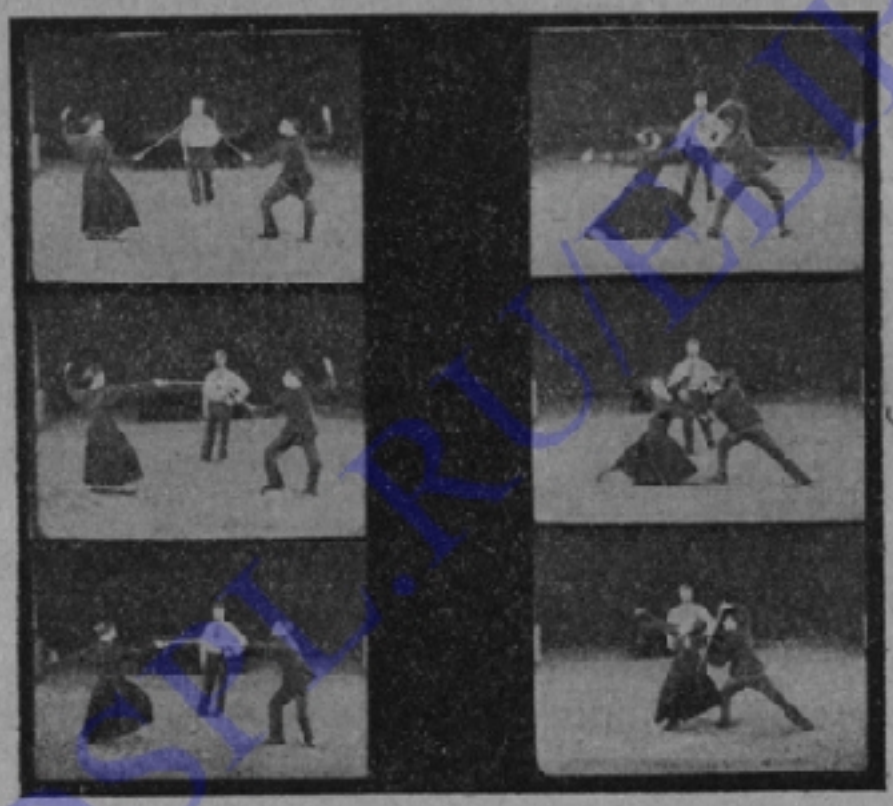
Аншютц (Ottomar Anschütz) в 1886 году произвел ряд последовательных снимков с движущихся предметов, при чем, благодаря изобретению им щелевого затвора (ср. черт. 39—щель р), помещенного у чувствительной пластинки, он лучше, чем Мьюбридж, использовал свет и получал более короткую экспозицию. Поэтому и снимки его получались более детальными и лучше расчленяющими фазы движения.

Черт. 58. Спиральная картина (синоптический диапозитив).

Следующим этапом для увеличения числа снимков на одной пластинке было изображение *спиральных картин*, пример которых показан на черт. 58, где изображена головка

женщины, поднимающей руки и поправляющей свою прическу.

Диапозитив с серией подобных снимков, изображающий или последовательные фазы одного движения или сравнительные виды разных предметов, я называю *синоптическим* [1]). Разбирая бракованные кинематографические ленты в июне 1919 года, я предложил, вместо их уничтожения, вырезывать из них картинки, изображающие какое-нибудь движение, и составлять из них синоптический диапозитив. На черт. 59 показан подобный диа-



Черт. 59. Урок фехтования у В. Андреева (синоптический диапозитив).

позитив, составленный из 6 картинок (пленка). Другой более сложный прием состоит в том, что вырезывают из ленты ряд картинок, составляют из них планшетку и вновь фотографируют их для диапозитива. Пример подобного диапозитива дан на черт. 60, где изображен человек, произносящий фразу «Je vous aime».

Были попытки производить фотографической камерой (системы Olicos) до 84 снимков на прямоугольной пластинке. Для этой цели в камеру вставлялась пластинка, занимающая лишь

---

[1]) От греческих слов σύν — вместе и δράω — вижу.

четверть площади матового стекла, и при помощи двойного движения — сверху вниз и слева направо последовательно на ней воспроизводился ряд снимков.

Черт. 60. «Je vous aime» (синоптический диапозитив).

На черт. 61 дан еще пример синоптического снимка, изображающего колебание пламени и образование в нем узлов. Рассматривая фигуру справа налево, видим, как образуется первый

Черт. 61. Фотографирование пламени (по Марбу и Реддизу).

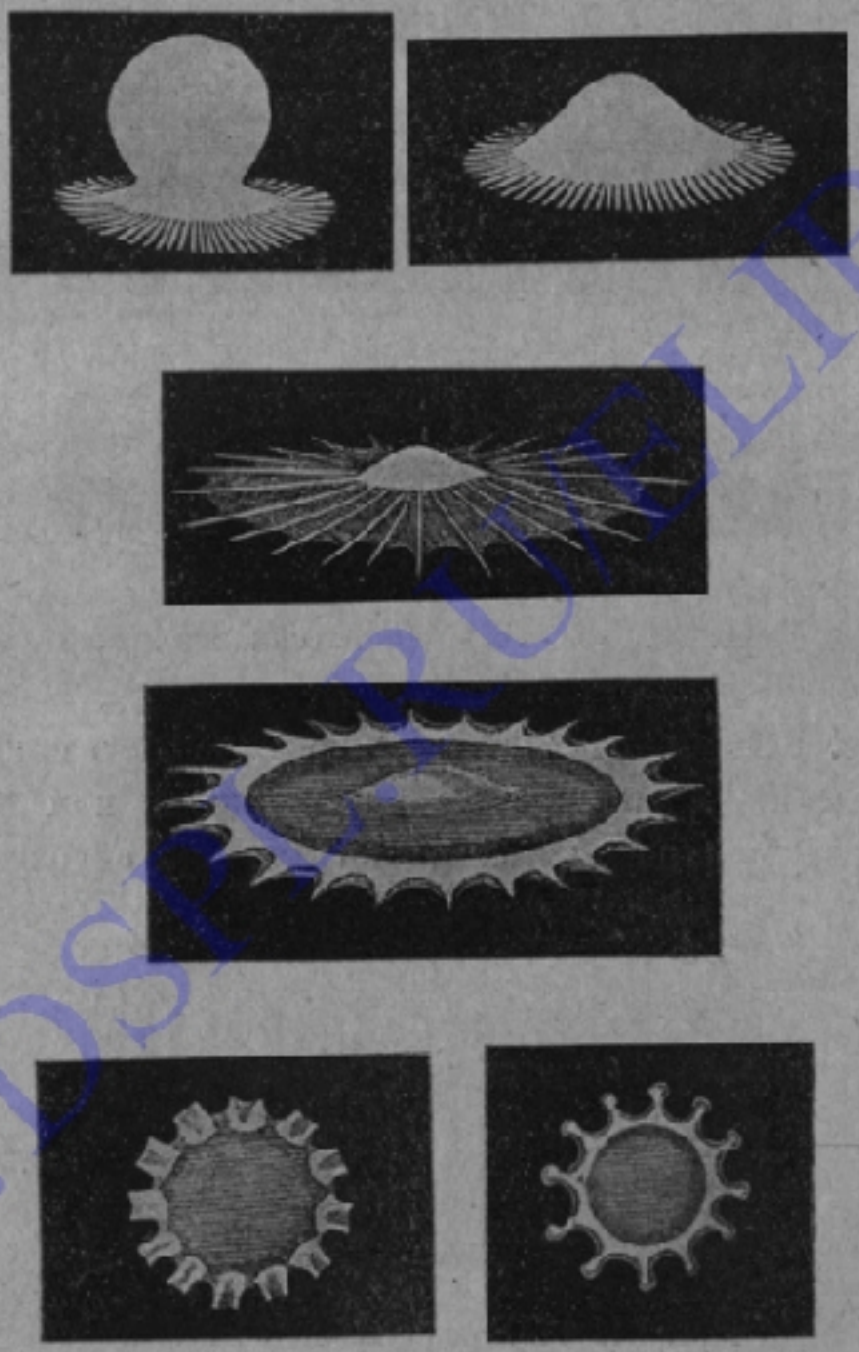
узел; развитие его идет потом далее, при чем узел отрывается от нижнего пламени и исчезает. Эти снимки были сделаны Марбом и Реддизом [1]). Вортингтон (Wortington) дал ряд видов на

[1]) Подробности см. K. W. Wolf-Czapek «Angewandte photographie in Wissenschaft und Technik». Berlin. 1911. 1/5, а также: K. Marbe und M. Seddig «Untersuchungen schwingender Flammen». Ann. d. Phys. 30, p. 579—592(1909).

©РГБ

одной картинке с падающей на закопченную пластинку капли ртути. Смотреть на последовательные фазы следует сверху вниз, слева направо (черт. 62).

Наконец упомянем еще о так называемых *синтетических диапозитивах*, дающих наслоение ряда снимков один на дру-



Черт. 62. Падение капли ртути на стекло (по Вартингтону).

гой. На черт. 63 изображена такая картинка. По краям ее показано 12 фотографий, снятых с разных саксонских солдат, а посредине помещена фотография, составленная из наложения всех двенадцати снимков один на другой и представляющая как

бы типовое изображение саксонского солдата. Подобный метод был предложен американцем Баудичем (Bawditsh) в Бостоне [1]).

Заканчивая этот параграф, упомянем еще об изображении в 1888 г. Мареем негативных бумажных лент, на которых он получил серию последовательных снимков.

Черт. 63. Синтетический диапозитив.

§ 6. Целлулоид и фильма.

Все вышеописанные способы получения ряда фотографий с движущихся предметов обладали двумя главными недостатками: они давали возможность иметь снимки лишь с резких движений и в ограниченном количестве.

Изобретение целлулоида и применение его для изготовления кинематографической ленты устранило эти недостатки и послужило к быстрому развитию кинематографии.

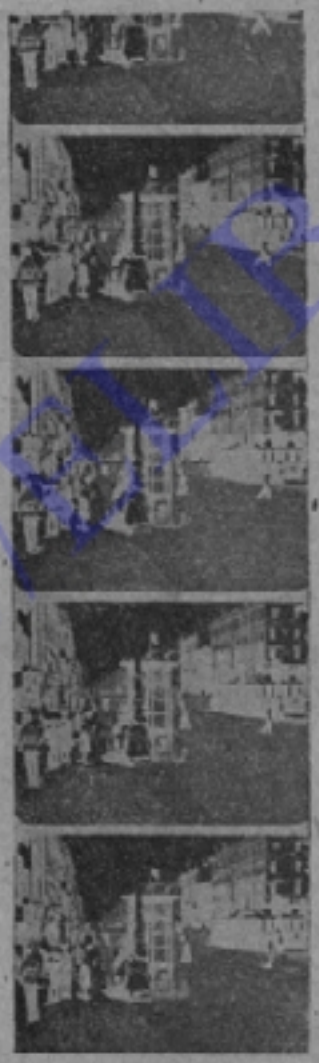
Целлулоид был изобретен в 1869 году братьями Гутт (Hutt) в Америке и является результатом взаимодействия нитроцеллулозы и камфары. Нитроцеллулоза же получается при обработке клетчатки (целлулозы) хлопка азотной и серной кислотами. Для придания ленте гибкости часть камфары замещают касторовым маслом.

---

[1]) K. W. Wolf-Czapek (ibid), ч. IV, стр. 21.

При особых условиях нитрации получают другой сорт массы, называемой *коллодием*, из которого также изготовляется фильма. Фильма, полученная упомянутыми двумя способами, легко воспламеняется и потому опасна в пожарном отношении. Для получения же плохо воспламеняющейся пленки применяют вещество

Черт. 64. Позатив кино-ленты. Перфорация и Пагэ.



Черт. 65. Негатив кино-ленты.

«*целлит*», являющийся ацетито-производной целлулозы. Он получается при действии на клетчатку уксусной кислоты и ее ангидрида [1]).

Основа ленты, изготовленная из целлулоида или из ацетито-целлулозы, покрывается с одной стороны светочувствительным слоем, преимущественно бромосеребряной желатинной эмульсией.

---

[1]) Подробности см. Clément und Rivière «Die Fabrikation der Kinematographenfilms». Photogr. Industrie, 1912. St. 178. Кроме того: Roberts und Gillard в «Zelluloud». Deutsch von. g. Bonweit. Berlin, 1912, Seite 408 — 508; E. Kress «Conférences la Cinematographie». Paris. 1912. T. I. pg. 19.

©DSTU.RU/LIB

Позитивная фильма отличается от негативной лишь меньшей светочувствительностью желатинного слоя.

Впервые кинематографические ленты были введены в Англии в 1889 г. В. Фризе-Грином (W. Frise-Grenn). По изготовлении фильмы по краям ее делается перфорация, т.-е. пробиваются отверстия, при помощи которых лента может быстро пропускаться зубчатыми колесами проекционного аппарата.

Черт. 66. Перфорация Гомон.

Черт. 67. Перфорация Кока.

Черт. 68. Перфорация любительской миниатюрной киноленты.

На черт. 64 — 65 изображены в натуральную величину образцы лент с картинами позитивной и негативной и с показанием перфорации фирмы Пате (Pathé). Здесь на одну картинку приходится с каждой стороны по 4 дырки, при чем против границы между картинками дырок нет.

©DSPRU/ELIB

На черт. 66 — 67 показаны образцы (нат. вел.) лент с перфорацией: Гомон [1]) (Gaumont) — дырки против границы между картинками и Кока (лента малого размера и притом плохо воспламеняемая). Размеры картинки и фильмы были даны на черт. 15 (средина). Заметим, что при съемке и при проектировании в секунду проходит около 16 снимков. На 1 метр приходится около 50 снимков. В минуту пропускается около 20 метров, а в час — 1.200 метров.

Лента для любительской миниатюрной камеры имеет перфорацию лишь посредине между снимками, которая состоит из одной дырки (черт. 68).

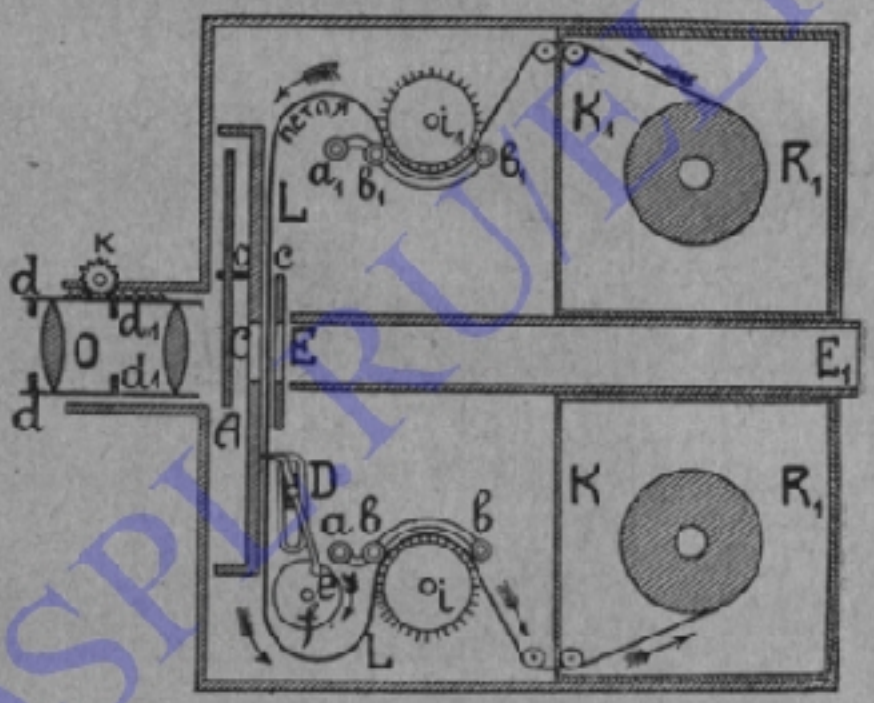
©?DSPL.RU/ELIB

[1]) В сущности перфорации Патэ и Гомон одинаковы. Разница лишь в расположении рамки съемочного аппарата относительно зубчаток механизма, передвигающего ленту, о чем см. следующий параграф.

Глава III. Киносъемка.

§ 7. Киносъемочные аппараты.

С этого параграфа мы начинаем изложение основ *кинематографии*, при чем будем излагать последнюю, имея в виду дать лишь общее представление о наиболее существенных ее частях, не входя в описание подробностей.



Черт. 69. Продольный разрез киносъемочного аппарата (схема).

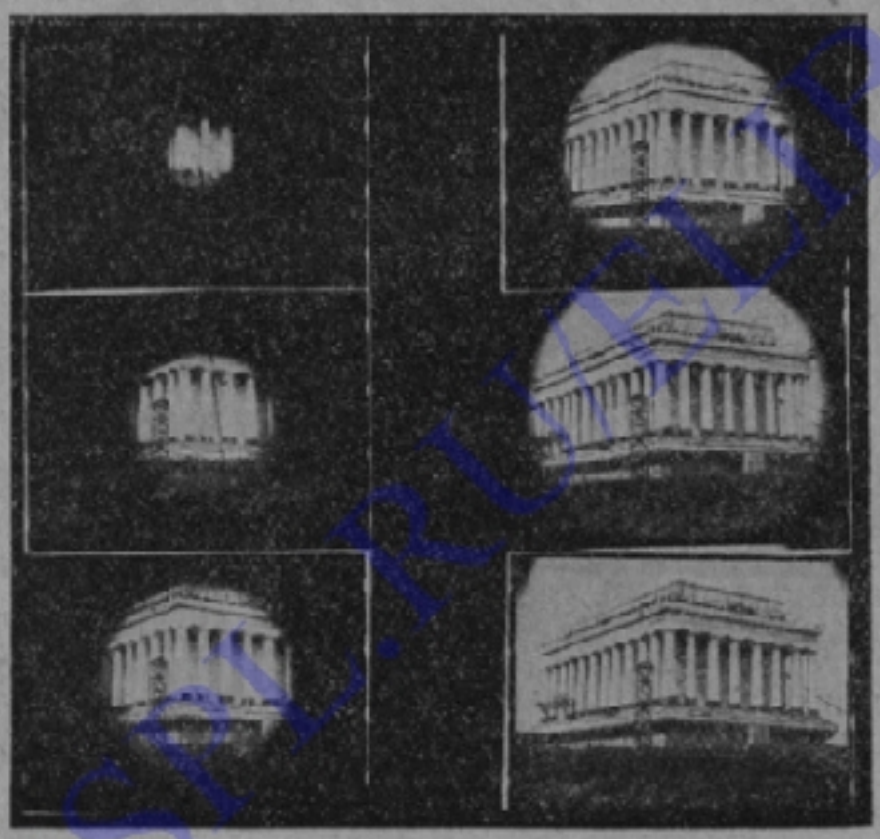
Слово «кинематография» происходит от двух греческих слов: κίνεμα — движение и «γράφω» — пишу. Буквальный перевод этого слова — запись движения. Под кинематографическими аппаратами подразумеваются как фотографические аппараты для съемки движущихся предметов, так и проекционные аппараты с волшебным фонарем для проектирования движения на экран.

Аппараты первого типа мы будем называть *киносъемочными*, а второго — *кинопроекторами*. Операция съемки называется *киносъемкой*, операция же проектирования — *кинопроектированием*. Специалист по киносъемке называется *кинооператором*, специалист по кинопроектированию — *киномехаником*. Наконец, особый специалист, который, получив снятую ленту от кинооператора, проявляет ее в своей *кинолаборатории*, получает ее негатив и затем печатает с нее позитив, называется *кинолаборантом*.

© DSPUB

Переходим теперь к описанию киносъемочного аппарата. На черт. 69 изображен продольный схематический разрез подобного аппарата. Главными частями его являются следующие:

Объектив О, который при помощи кремальеры К может двигаться внутри передней трубки аппарата и устанавливать изображение в фокусе. Внутри объектива имеются две *диафрагмы*: передняя dd и внутренняя d_1d_1. Если постепенно уменьшать отверстие передней, то на пленке будет серия резких изображе-



Черт. 70. Влияние передней диафрагмы (уменьшение размеров изображения).

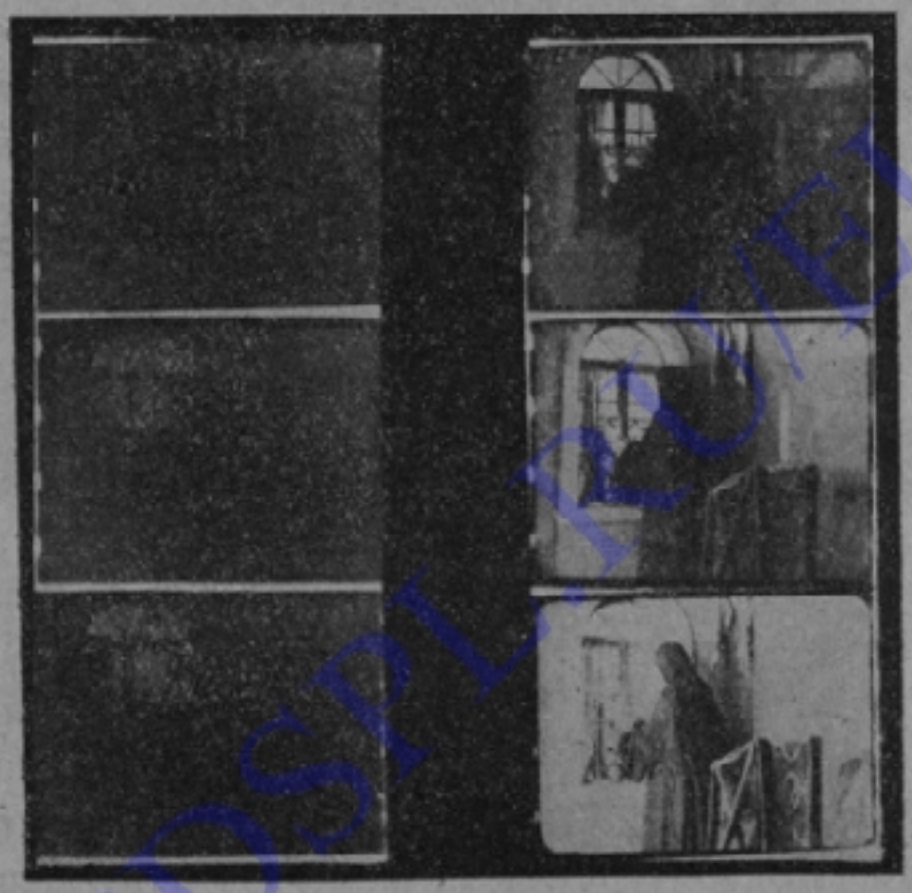
ний, постепенно уменьшающихся по величине (черт. 70) [1]). Если же постепенно уменьшать отверстие внутренней диафрагмы d_1d_1, то изображение на пленке будет занимать все время полную площадь картинки, уменьшаясь постепенно в резкости (черт. 71).

Далее помещается затвор А, называемый *обтюратором*, состоящий из металлического диска с непрозрачными секторами, налегающими один на другой. Выдвигая один из-за другого путем поворачивания его вокруг общей оси (о), можно уменьшать площадь щели в диске, пропускающей свет, и, таким образом,

[1]) Без изменения масштаба.

уменьшать время экспозиции. На черт. 72 изображен внутренний вид киносъемочного аппарата Эрнеманна (Ernemann) с открытой передней доской, на которой укреплен объектив. Виден черный диск — обтюратор с отверстием.

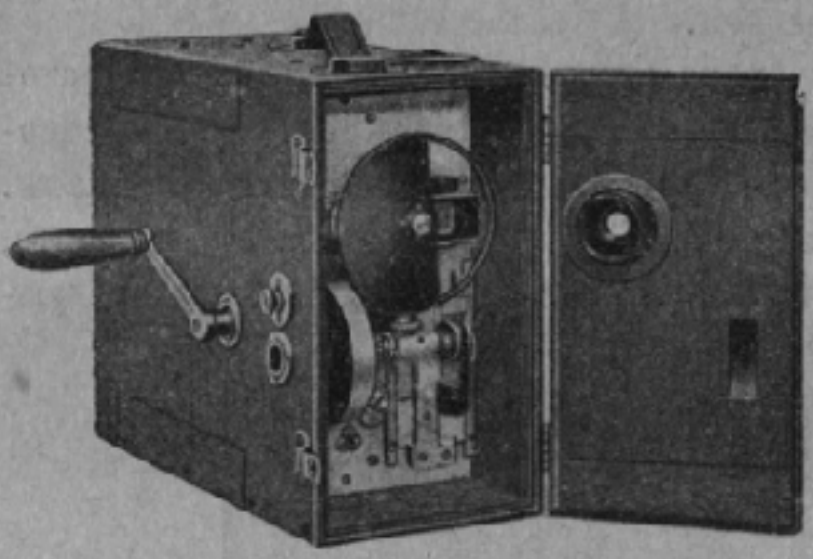
Возвращаясь опять к схеме (черт. 69), видим за обтюратором A окно C, сзади которого, плотно прижимаясь к нему дверцей E, проходит лента L — L. Движение ее происходит толчками. Когда обтюратор открывает окно и допускает свет к ленте, последняя стоит неподвижно, и происходит съемка. В следую-



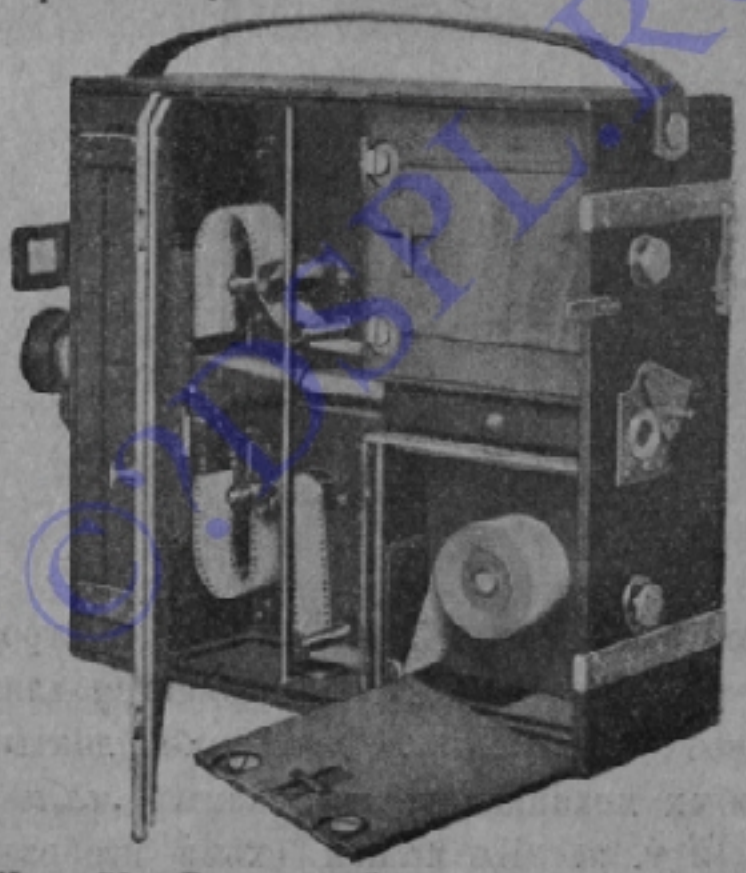
Черт. 71. Влияние внутренней диафрагмы (уменьшение ясности изображения).

щий момент обтюратор закрывает окно. Тогда лента быстро перемещается на высоту картинки и вновь останавливается для следующей съемки. Подобное прерывистое движение ленты совершается при помощи особых механизмов, называемых *мальтийским крестом*, *вилкой* и т. п. На нашей схеме изображен вилочный механизм, приводимый в движение эксцентриком f с пальцем e. Когда эксцентрик поворачивается по стрелке, то он увлекает вилку D, которая своими зубцами входит в перфорацию ленты и тянет последнюю вниз. Когда же палец придет

в нижнее положение, то вилка повернется, зубцы ее выйдут из перфорации и, в дальнейшем, она поднимется вверх, не задевая ленты, и т. д. Движение вилки направляется ползуном и обоймой, показанными на чертеже. Неиспользованная лента помещается на ролике R_1 в верхней кассете K_1. Оттуда она вытягивается при помощи зубчатого барабана i_1, к которому она прижимается нажимными валиками $b_1 b_1$, укрепленными на оси a_1, где имеется пружина. Далее ленте дают слабину (петлю), чтобы, при прохождении через окно толчками, она не порвала перфорацию на барабане i_1.



Черт. 72. Вид киносъемочного аппарата Эрнемана со стороны обтюратора.



Черт. 73. Внутренний вид киносъемочного аппарата.

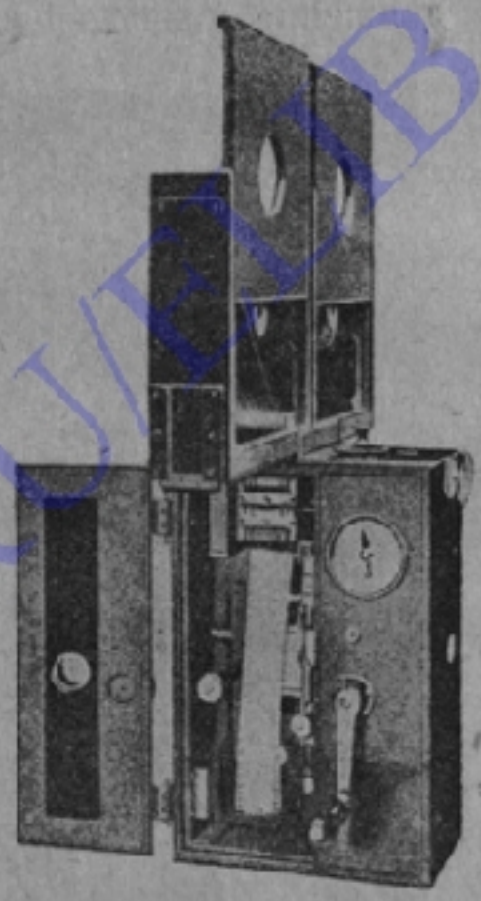
После экспозиции лента, пройдя окно, огибает барабан i, подобный барабану i_1, и наматывается на ролик R, помещенный в нижней кассете K. Движение роликов R, R_1, барабанов i, i_1, эксцентрика f и обтюратора A связаны при помощи различных передач с движением ручки, которую при съемке вращает оператор. Для установки пленки на фокус устраивают часто трубку EE_1, через отверстие которой оператор видит окно C и кусок матового целлулоида, на котором отбрасывается изображение. Отверстие E_1 этой трубки при съемке закрывается.

На черт. 72 видна рукоятка с зубчатыми колесами, передающими движение обтюратору и вилке.

На черт. 73 показан внутренний вид киносъемочного аппарата, американской фирмы «Moxion picture apparatus C°». Этот аппарат приблизительно соответствует схеме черт. 69, кроме того он снабжен видоискателем, укрепленным на передней доске (слева).

На черт. 74 изображен внутренний вид киносъемочного аппарата фирмы Гомон (Gaumont). В нем кассеты помещаются сна-

Черт. 74. Внутренний вид киносъемочного аппарата «Гомон».



Черт. 75. Киносъемочный аппарат Патэ.

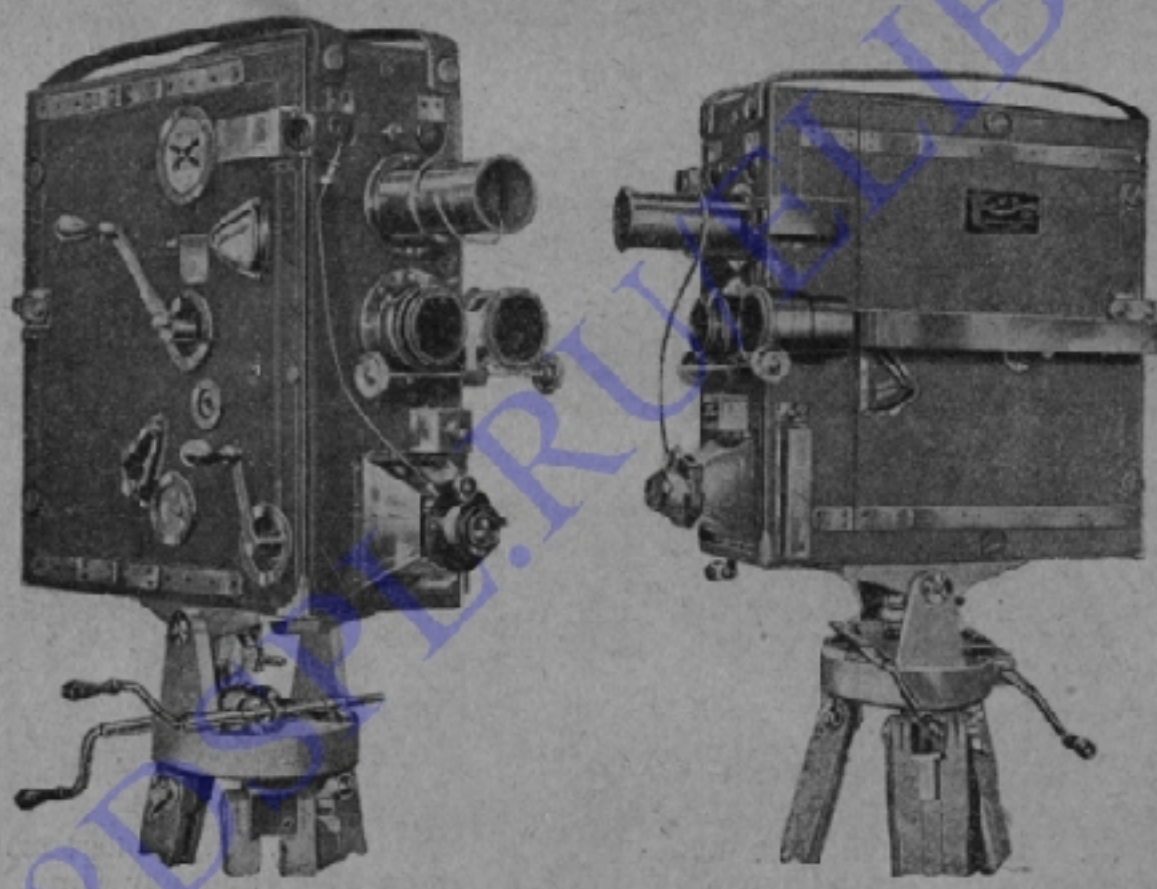
ружи: подающая ленту — вверху, выбирающая ленту — сзади (не видна из-за открытой дверцы). Подача и выбирание ленты производятся при помощи одного общего барабана. Наверху аппарата имеется визир. Аппарат снабжен счетчиком метража и указателем скорости вращения ручки. Кроме того в нем имеется кнопка, нажимая на которую можно пробить на пленке дырку и отметить, таким образом, начало и конец отдельных съемок. Для изменения скоростей движения ленты внутри аппарата имеется особая зубчатая передача, а снаружи несколько отверстий. Вставляя в последние рукоятку, можно изменять

© DSPL.RU/ELIB

скорость движения пленки и даже доводить ее до того, что при одном повороте ручки будет сниматься лишь одна картинка. Подобное приспособление называется *демультипликатором*. Две ручки, укрепленные на головке штатива, позволяют наклонять и поворачивать аппарат.

У объектива имеется *бленда* (трубка), защищающая его от вредного действия солнечных лучей.

На черт. 75 изображен вид аппарата Патэ (Pathé). Здесь обе кассеты помещены вверху, одна сзади другой. Прерывистое движение производится при помощи вилки.



Черт. 76. Американский киносъемочный аппарат.

Французский изобретатель Дебри (Debrie) предложил аппарат, в котором кассеты расположены не в одной плоскости, что увеличивает площадь аппарата, а рядом — в двух плоскостях. При этом лента, подходя к окошку и уходя от него, делает изгиб.

Наконец, на черт. 76 изображены виды слева и справа большого профессионального американского киносъемочного аппарата фирмы «United States Cinematograph C⁹». На передней доске посредине укреплено рядом два объектива, один для съемки, другой — для наводки на фокус. От второго объектива сбоку

камеры идет визирная трубка. Оба объектива имеют общую кремальеру. Кроме того вверху камеры имеется дальнофокусный объектив для далеких видов. Для него сбоку вверху имеются два особых видоискателя. Внизу имеется особая фотографиче-

Черт. 77. Установка киносъемочного аппарата на аэроплане для работы на большой высоте.

ская камера для съемки отдельных видов и при ней видоискатели — сверху и сбоку. Аппарат снабжен метрометром, указателем скорости, демультипликатором, метчиком и механизмом для обратного движения ленты.

На черт. 77 изображен съемочный аппарат, установленный на аэроплане, и кинооператор, одетый в теплый костюм для съемки на большой высоте.

Работа киносъемочным аппаратом происходит в общем случае следующим образом: оператор вращает ручку, делая два оборота в секунду. Благодаря передаче, в это же время произойдет 16 снимков. При демультипликаторах же в секунду можно снять 4 или даже 2 снимка, т.-е. за один оборот ручки 4,2 или 1 снимок. Объективы (апастигматы) применяют с большой светосилой или с относительным отверстием с F : 10 ; 5,4 ; 4,5 ; 3,5 и даже 2,5

т.-е. $\frac{\text{диаметр объектива}}{\text{фокусн. расстояние.}} = \frac{1}{10}; \frac{1}{5,4}; \ldots \frac{1}{2,5}$

Экспозиция продолжается около $^1/_{100}$ сек.

В любительских аппаратах кассета вмещает 30 — 40 метр. ленты, в профессиональных же — 100 — 120 метр.

§ 8. Киносъемка.

Различают следующие главные виды киносъемки:

a. Павильонную.

в. На открытом воздухе.

с. Вообще в каком-нибудь помещении.

Каждая из этих съемок может происходить при неподвижном положении съемочного аппарата или при передвижении последнего.

Рассмотрим в общих чертах эти виды съемок.

Павильонную съемку производят в специально оборудованных для съемки павильонах или *кино-ателье*, которые снабжены декорациями, бутафорией, сильными электрическими лампами, (юпитера), различными механическими приспособлениями, и т. п. В павильоне преимущественно ставятся сцены, изображающие внутренние виды помещений.

Съемку на открытом воздухе предпочитают тогда, когда, по ходу пьесы, действие происходит на открытом воздухе. При этом пользуются или природной декорацией — фоном леса, поля, моря, или же, как это делают богатые кинематографические фирмы, устраивают подобную природную декорацию недалеко от города, разводя для этого сад, устраивая озеро и т. п.

Съемку в закрытом помещении часто приходится производить для постановки специальных, преимущественно научных, картин, например, для съемки производства какого-нибудь завода, для съемки работы в больнице и т. п. В этом случае в снимаемом помещении устанавливают упомянутые юпитеры, к которым подводят электрический ток, и съемку производят при сильном искусственном освещении, так как обыкновенного дневного света в большинстве случаев оказывается недостаточно.

В обычных условиях съемка производится при неподвижном положении съемочного аппарата, который, таким образом, охватываст определенное поле зрение, соответствующее *углу зрения* объектива. Определить снимаемое пространство можно, наблюдая его в видоискатель.

Для увеличения эффекта съемки в павильоне часто вращают аппарат вокруг вертикальной оси, следя им за движением какого-нибудь артиста или снимая им последовательные виды комнаты.

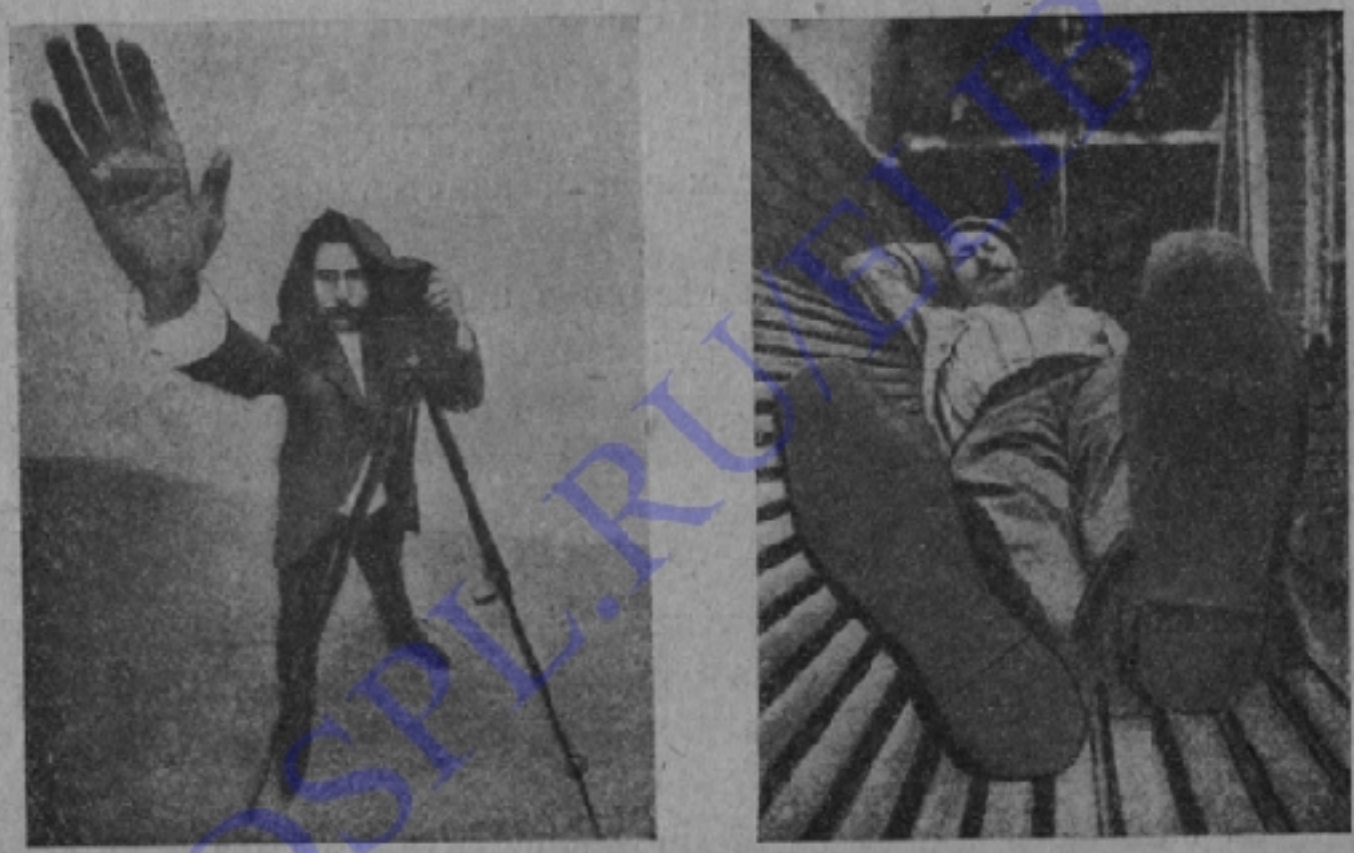
Подобные снимки называются *панорамными*. Этим же приемом пользуются и на открытом воздухе при съемке процессий, митингов и т. п. Кроме того иногда передвигают и самый съемочный аппарат с его штативом, устанавливая его на особую тележку или помещая его на рельсы в павильоне или помещая его на автомобиле, поезде или пароходе и т. п. при съемке на открытом воздухе.

В павильоне подобное передвижение приходится делать, когда желают снять часть декорации или сцены в ином масштабе, чем остальное. При съемке же на открытом воздухе при таком передвижении кроме того открываются новые виды. Если съемка производится с летящего воздухоплавательного аппарата, то она носит название *киноаэросъемки*.

При производстве съемки приходится сталкиваться с вопросами перспективы, поставленными в несколько иной плоскости, нежели в обыкновенных театрах или в рисовании.

Эстетическое впечатление, получаемое от снимка и от его перспективы зависит от следующих главных причин: 1) от выбора положения аппарата относительно снимаемого предмета, или, как говорят, от выбора точки зрения, которая может располагаться: а) близко или в) далеко от предмета, и 2) от угла зрения

объектива в связи с его фокусным расстоянием. Если аппарат расположить слишком близко от снимаемого предмета, то получаются следующие недостатки изображения: 1) части предмета, расположенные ближе к аппарату, кажутся преувеличенными по сравнению с более удаленными (черт. 78); 2) части изображения, располагающиеся по краям, получаются растянутыми, и 3) круглые предметы, располагающиеся далеко от середины, получаются на фотографии эллиптическими [1]).



Черт. 78. Дефекты съемки при близком расположении аппарата.

Далее заметим, что углы зрения объективов в большинстве случаев не соответствуют наилучшему и обычному углу зрения человека и тем углам, которые применяются при рисовании и при построении декорации в обычных театрах. Действительно, наилучший угол зрения человека равен 23° и колебания его при рисовании допускаются до предела 30 — 35°. Между тем в обычных съемочных аппаратах этот угол, зависящий от конструкции

---

[1]) Подробности см. Н. Рынин. «Перспектива» Пгр. 1918 г. ч. I § 8 и ч. II § 5.

объектива, от его светосилы, т.-е. от отношения диаметра объектива (или диафрагмы) к его фокусному расстоянию, колеблется от 50° до 90° (в среднем, полезный угол считается около 50° — 60°) и даже до 110° (редко 35° — 50°). Поэтому при съемке получается картина с изображением таких предметов, которые для глаза человека не видны или видны не ясно, если бы он их рассматривал в натуре.

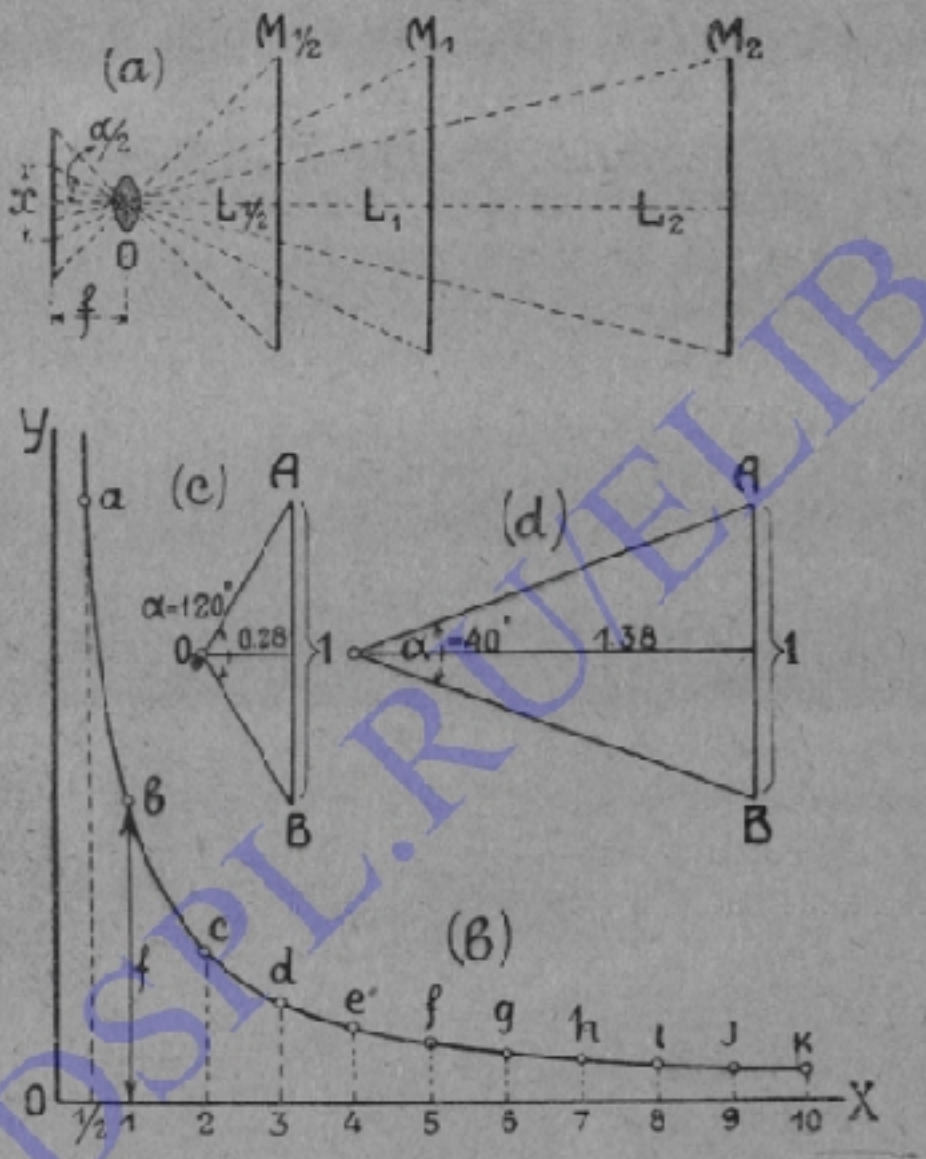
Для иллюстрации этого на черт. 79 показаны четыре фотографических снимка с одной и той же местности. Все они сняты с одной и той же точки зрения, но объективами, имеющими разные фокусные расстояния и разные углы зрения. Если бы у трех последних снимков отрезать края так, чтобы на каждом из них в средине оставались только изображения предметов, имеющихся на первом снимке, и увеличить их до размера первого, то получатся вполне одинаковые изображения. Таким образом, *перспектива объективом не искажается.*

Черт. 79. Работа объективов с разными фокусными расстояниями.

Однако, эти четыре снимка не одинаковы в эстетическом отношении. Первые два лучше, чем третий и четвертый; наилучшим же следует признать второй, так как он дает более полное впечатление о данной местности: в нем больше рельефа и глубины, чем в первом. Это происходит потому, что первый снимок снят объективом длиннофокусным с небольшим углом зрения, второй же — объективом, угол зрения которого близко соответствовал нормальному углу зрения человека. Гораздо менее удовлетворительны снимки третий и, в особенности, четвертый, которые сняты широкоугольными объективами. Неэстетичность снимков происходит потому, что эти объективы охва-

тили кругозор, недоступный глазу человека и потому кажущийся нам неестественным [1]).

Выведем некоторые теоретические правила, которые помогут нам ориентироваться при выборе положения аппарата в зави-



Черт. 80.

симости от его фокусного расстояния, угла зрения и размеров снимаемого предмета.

На черт. 80 (а) изображены разные положения снимаемого предмета $M_{1/2}$, M_1, M_2..., находящегося в разных расстояниях $L_{1/2}$, L_1, L_2... от объектива О аппарата. При этом на матовом

---

[1]) Для улучшения впечатления следует такие снимки рассматривать одним глазом и с такого же расстояния (m), на каком находилась пленка от объектива во время съемки или, если изображение отброшено на экран, то с расстояния, во столько раз большего (m), во сколько раз изображение на экране больше картинки на пленке.

©?DSPL.RU/ELIB

стекле изображение (x) предмета будет тем меньше, чем дальше предмет будет от объектива. Обозначим фокусное расстояние объектива через f.

Тогда будем иметь:

$$\frac{x}{f} = \frac{M}{L},$$

откуда

$$x = f \cdot \frac{M}{L}.$$

Так как величина f незначительна по сравнению с M и L, а изменения ее при наводке на фокус малы по сравнению с изменениями L, то можно считать f — постоянным. Кроме того, будем измерять L в долях M, принимая M за единицу. Если, например, M — рост человека, то $L_{1/2} = \frac{1}{2} M_1$; $L_1 = M_1$; $L_2 = 2\ M_2$ и т. д. и вообще пусть $L = nM$.

Тогда будем имет:

$$x = f \cdot \frac{1}{n}.$$

Выразим эту формулу в виде графика (черт. 80, b). По оси абсцисс будем откладывать n, а по оси ординат x.

При $n = 1$ получим $x = f$. Примем случайную длину 0 — 1 за единицу для n, и случайную длину 1 — b за длину f.

Тогда точка (b) — будет соответствовать $n = 1$ и $x = f$, точка c будет для $n = 2$; $x = f \cdot \frac{1}{2}$ и т. д. Полученная кривая будет равнобокой гиперболой. Рассматривая эту кривую, видим, что размеры изображения (x) на матовой пластинке возрастают гораздо быстрее при близком расположении предмета от объектива, нежели при далеком.

Если, например, человек находится в расстоянии от объектива, равным своему росту ($L = M$ и $n = 1$), и вытянет вперед руку (см. черт. 78) на длину, равную половине своего роста, то ладонь его расположится в середине расстояния между объективом и человеком и для нее $L = \frac{1}{2} M$ и $n = \frac{1}{2}$. Но при этом изображение ее будет в два раза больше по сравнению с тем, какое получилось бы, если бы она была рядом с телом, так как ордината $^1/_2$ a в два раза больше ординаты 1 — b. Если принять что при нормальном телосложении длина ладони равна $\frac{3}{4}$ вы-

соты головы, то если голова остается на расстоянии L от объектива, а ладонь будет в месте $L_{1/2}$, то длина ладони выйдет на фотографии в $\frac{3}{4} \times 2$, т.-е. в $1^1/_2$ раза больше высоты головы.

Чем больше угол зрения объектива, тем ближе к объективу могут располагаться при съемке предметы и тем неестественнее могут получиться их изображения. На черт. 80 (c) и (d) показаны предельные углы зрения объективов — 120° и 40°, применяемых при обычных съемках [1]).

Для угла в 120° отношение высоты снимаемого предмета AB к его расстоянию до объектива может быть $\frac{1}{0{,}28}$. То же отношение для угла 40° равно $\frac{1}{1{,}38}$.

Иными словами при больших углах зрения объектива, при покрывании изображением всей пластинки и при близком расположении предметов от объектива неестественность изображения получится больше, нежели при меньших углах зрения.

Для иллюстрации сказанного на черт. 81 приведены три фотографии (a, b, c). Верхняя (a) снята телеобъективом с фокусным расстоянием f = 98,5 см. и с углом зрения около 6°. Расстояние L предметов до камеры около 394 метр.

Средняя (в) снята обыкновенной камерой для туристов с объективом, фокусное расстояние которого f = 22 см, а угол зрения равен 25°, т.-е. вообще соответствует наилучшему углу зрения человека. Расстояние L = 88 метр.

Нижняя (c) снята широкоугольным объективом с f = 7 см и с углом зрения 73°. Расстояние L = 28 метр.

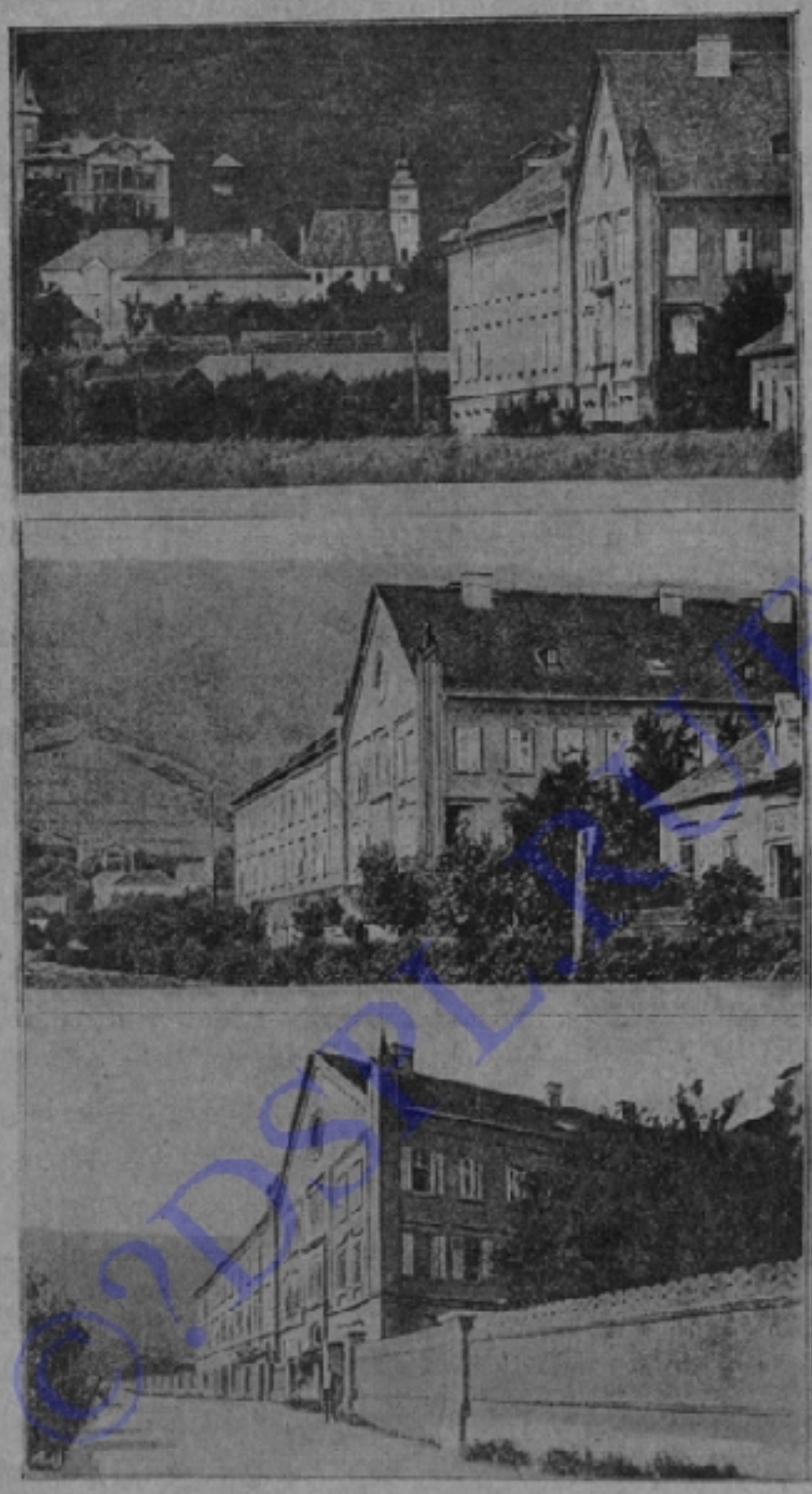
Из ближайшего рассмотрения этих картин видно, что: a) глубина изображения мала, т.-е. изображение кажется почти плоским и величина снятого горизонта весьма мала, b) изображение является наилучшим, c) глубина изображения чрезмерно велика и угол зрения и длина горизонта также чрезмерно велики.

В частности на снимке (a) скаты крыши кажутся весьма крутыми, на снимке (b) — нормальными и на снимке (c) — весьма пологими.

---

[1]) Угол 120° применяется, как предельный при групповых и портретных съемках, углы 40 — 70° при кинематографических съемках. При работе же с телеобъективами можно встретить углы зрения даже до 6°.

Обозначая наибольший размер изображения на пластинке через **x**, длину фокуса через f, а угол зрения объектива



(a)

(b)

(c)

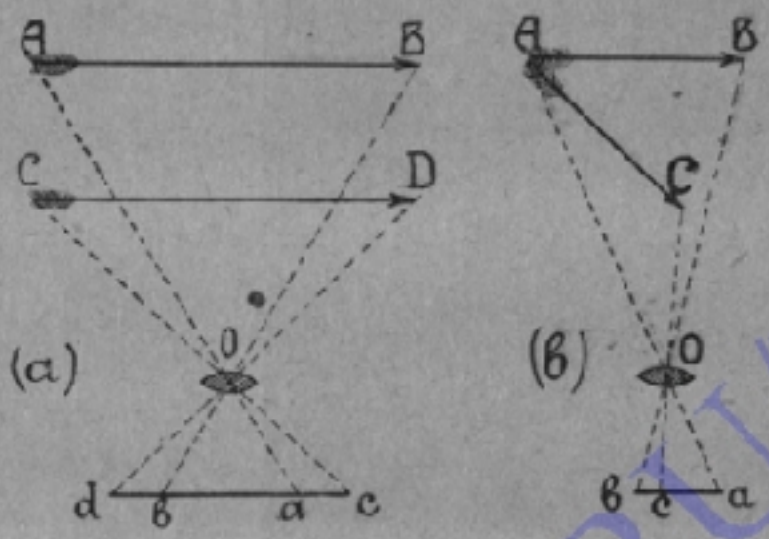
Черт. 81. Влияние фокусного расстояния и угла зрения объектива.

через α, имеем следующую зависимость между этими величинами (см. черт. 80, а):

$$\operatorname{tg} \frac{\alpha}{2} = \frac{x}{2f},$$

откуда легко определить α.

Так как при съемке лента в аппарате стоит, а передвигается лишь при закрытии ее обтюратором, то съемка производится прерывисто (16 снимков в минуту), и лента запечатлевает как бы отдельные элементы движения. Чем быстрее происходит движение снимаемого предмета, тем меньше деталей его схватит лента. Вместе с тем, чем дальше движущийся предмет от аппарата, тем слабее аппарат уловит амплитуду или резкость этих движений. Поэтому не следует актерам делать на первом плане быстрые движения, и если таковые необходимы, то совершать их дальше от аппарата.



Черт. 82. Влияние движения предмета на размер его снимка.

Часто, во время съемки двигают аппарат, или вращая его вокруг вертикальной оси, получая при этом *панорамный снимок*, или придвигая его к снимаемому предмету и получая *детальный снимок*.

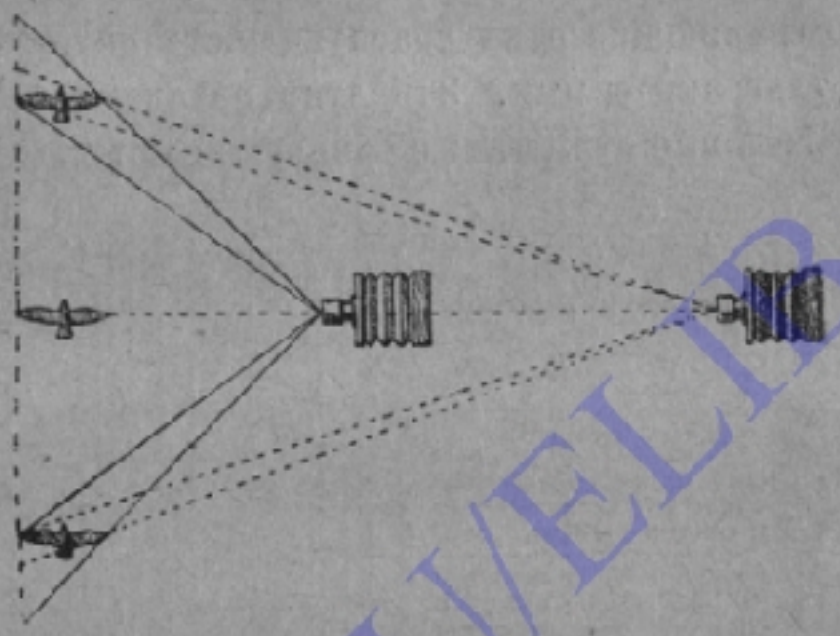
Первый случай применяется тогда, когда желательно проследить аппаратом за ходьбою артиста по обширной комнате или за движением поезда или автомобиля, или дать непрерывные виды какой-нибудь местности. Второй вид применяется при съемке деталей игры или предмета, например, для съемки мимики артиста, способа перевязки раны, деталей строения животного, работы машины и т. п.

Заметим, что время экспозиции зависит и от быстроты и от направления движения снимаемого предмета, а также от удаления последнего от аппарата. На черт. 82 (а) изображены предметы: A и C, передвигающиеся с одинаковой скоростью по параллельным направлениям AB и CD, но в различных расстояниях от объектива O.

По истечении одинакового промежутка времени пути этих предметов изобразятся на пленке неодинаково, именно путь AB — в ab, а путь CD — в cd, при чем $ab < cd$. Поэтому, при съемке CD — потребуется более быстрая экспозиция, чем при

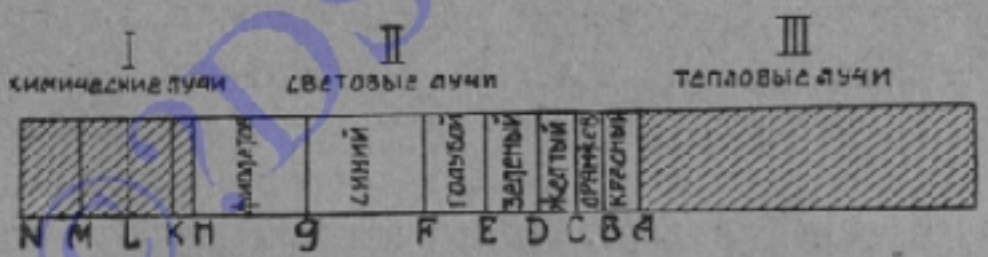
съемке AB, чем быстрее будет двигаться предмет C, тем меньше будет экспозиция.

В рассмотренном случае предметы двигались параллельно пленке. Если же движение происходит под углом (AC вместо AB) (черт. 82 b), то время экспозиции может быть сравнительно увеличено, так как тогда движение изображения ac будет меньше движения ab, наконец, в смысле получения отчетливости изображения и ясности его деталей при движении предмета, следует обращать внимание на удаление его от аппарата. Если предмет движется далеко и параллельно пленке, то, как показывает черт. 83, где показана съемка летящей птицы, разница в снимках его различных положений будет меньше заметна, нежели при близком расстоянии.



Черт. 83. Съемка птицы.

Цвет и грим. Окраска предметов выявляется на пленке только в виде белых или черных тонов со всеми промежуточными



Черт. 84. Схема солнечного спектра.

оттенками, и тона эти зависят лишь от *химического* действия данного цвета на светочувствительный слой пленки. Чем сильнее это действие, тем более разложится солей на пленке, и тем чернее выйдет этот цвет на негативе и тем светлее — на позитиве.

Для выяснения химического действия лучей различного света обратимся к солнечному спектру, схематически изображенному на черт. 84. Белый солнечный луч, проходя через призму, разла-

гается на ряд лучей, которые разделяются на три группы: I. *Химические лучи*, называемые также ультрафиолетовыми, наделенные значительной химической энергией; II. *Световые лучи*, видимые простому глазу и образующие видимый спектр из семи простых цветов: красного, оранжевого, желтого, зеленого, голубого, синего и фиолетового, и III. *Тепловые лучи*, распространяющиеся за красную часть светового спектра и называемые ультракрасными. Эти лучи обладают большою тепловою энергией. Световые лучи также обнаруживают химическое действие и влияют на светочувствительный слой фотографической пленки, хотя и не в одинаковой степени в зависимости от цвета лучей и от рода чувствительного слоя. Напомним, что лучи каждого цвета имеют соответственную длину световой волны, которая обозначается буквою λ и выражается в миллионных частях миллиметра (μμ). Лучи с длинными волнами на позитиве передаются темными, а с короткими — светлыми.

Черт. 85. Светочувствительность разных составов.

На черт. 85 вверху изображена световая и химическая части спектра из черт. 84, при чем буквами обозначены те же части спектра. Верхняя кривая показывает распределение оптической яркости спектра. Таким образом простому глазу желтый цвет (D) кажется наиболее ярким. Внизу же изображен ряд кривых, изображающих воспримчивость различных светочувствительных слоев к различным лучам спектра. Например, для бромистого серебра (кривая № 5) красные, оранжевые и даже желтые лучи почти не окажут влияния, и эти цвета выйдут на позитиве почти черными, наибольшее же влияние окажут синие и фиолетовые лучи, которые на позитиве выйдут светлыми. Внизу диаграмм

показаны и длины лучей разных цветов. Сообразно с этой диаграммой (кривая № 5) в нижеследующей таблице дана сводка оттенков от черного до белого, в которые на позитиве преобразуются разные цвета для бромосеребряной эмульсии.

ТАБЛИЦА III.

Цвет снимаемого предмета.	Как он выходит на позитиве.
Черный.	Черный.
Красный.	Черный.
Розовый.	Черноватый.
Оранжевый.	Черноватый.
Желтый.	Серый.
Коричневый.	Серый (тени).
Оливковый.	Сероватый.
Зеленый.	Сероватый.
Голубой.	Беловатый.
Синий.	Белый.
Фиолетовый.	Белый.
Белый.	Белый.

В соответствии с вышеизложенным нетрудно определить, как выйдет на позитиве тот или иной грим артиста. Так красный, желтый и розовый гримы выйдут черным или черноватым. Синяя подводка глаз бесполезна, так как она даст белые полосы. Красные губы выйдут черными. Для теней следует применять коричневую краску. Светлые части лица кроются общим тоном. Для уничтожения блеска и для придания белизны применяется пудра. Белокурые (желтоватые) и рыжие волосы выйдут черными. Льняной парик даст светлые волосы. Для получения белого цвета тела не следует одевать белых платьев, так как по сравнению с ним розоватая кожа выйдет смуглой, если только ее не

©2DSPL.RU/ELIB

сильно напудрить, или если съемка не производится против света (contre jour), так как тогда видимая часть одежды будет в тени. При выборе цветов костюмов, белья и при раскраске декораций следует руководствоваться теми же соображениями. Например, обои из лиловых полос на белом фоне или красных полос на черном фоне выйдут однотонными без полос. Рисунки на белой посуде должны быть не синие, а красные или зеленые или желтые. Для оттенения белизны тела посуду и белье следует брать не белыми, а сероватыми или желтоватыми. Картины следует брать не масляные и не раскрашенные, а лучшие одноцветные — гравюры, фотографии. Растения и цветы следует брать не ярких цветов, помня, что красные розы выйдут черными, а голубые и синие цветы — белыми.

Так как фотография улавливает всякую неестественность, то декорации следует делать лишь для изображения внутренних видов. Наружную же и пейзажную съемку необходимо производить в естественной обстановке. Для декорации следует применять клеевые краски: белую, черную, серую и серовато-синюю без резких контрастов. Золотые рамы картин выйдут темными, блики же на них — светлыми.

В связи с вышеизложенным объясняется применение для искусственного освещения ртутных или дуговых электрических ламп (юпитеров и др.), дающих много фиолетовых лучей, которые обладают большим фотохимическим действием.

Освещение при съемке играет первостепенную роль. При солнечном освещении наилучшие результаты получаются, когда лучи света падают искоса и сзади аппарата. При слишком ярком солнце получаются резкие тени. Эффектные снимки бывают при так называемом *Рембрандтовском освещении*, — когда освещенные лица проектируются на темном фоне, при чем на лицах выделяются резкие тени. При проектировании же темных лиц и фигур на светлом фоне получается *силуэтная съемка*. Если при этом свет находится спереди аппарата и сзади фигур (свет, предмет, аппарат), но и самые фигуры отчасти освещены, съемка называется *contre jour* (контр-жур). При комбинации искусственного света с естественным можно получить всевозможных эффектов освещение, например, освещение у камина, от лампы, стоящей на столе, и т. д.

Красивые полутени получаются при употреблении отражающих экранов. Иногда этому способствует зеркальная поверхность воды. Наконец, эффектные съемки получаются при умелом пользовании зеркалами или поверхностью воды, в которых отражается игра действующих лиц, или тенями, которые также изображают игру.

Кроме освещения, большое значение при съемке имеет и быстрота съемки или *экспозиция*. Последняя зависит от чувствительности пленки, качества объектива, диаметра диафрагмы и быстроты действия обтюратора (затвора).

Рассмотрим влияние всех этих факторов.

Чувствительность пленки применяется в кинематографии наивысшая и не зависит от оператора, лишь бы пленка была предохранена от случайного действия света. Поэтому она должна храниться в коробках, недоступных действию света, и кассеты должны заряжаться в темном помещении. Негативная пленка делается более чувствительной, чем позитивная, так как первая должна работать при больших скоростях движения снимаемых предметов.

Качества съемочного объектива. Мы уже раньше говорили о *светосиле объектива.* Так называется отношение диаметра объектива, точнее, открытого его отверстия (или диаметра диафрагмы) к фокусному расстоянию. Светосилу выражают дробью, числитель вида $\frac{F}{2}$, $\frac{F}{3}$ . . $\frac{F}{n}$, которая показывает, что диаметр диафрагмы составляет $\frac{1}{2}$, $\frac{1}{3}$ . . . $\frac{1}{n}$ фокусного расстояния.

Наибольшая светосила съемочных объективов достигает $\frac{1}{2}$. В кинематографии же применяются объективы со светосилой F : 4,5 до F : 12,5.

Чем меньше диаметр диафрагмы, тем дольше следует делать экспозицию, при чем времена экспозиций обратно пропорциональны квадратам диаметров диафрагмы. Например, если при светосиле F : 9 экспозиция была n секунд, то при светосиле F : 18 она будет:

$$n \times \frac{18^2}{9^2} = n \cdot 2^2 = 4n.$$

Фокусным расстоянием объектива называется расстояние между объективом и изображением (пленкой) далеко (точнее, бесконечно далеко) удаленного от аппарата предмета. Изобра-

жение предмета близкого будет располагаться от объектива дальше. Если, например, мы резко сняли при некотором объективе далеко расположенную башню на пластинку в расстоянии 200 мм от объектива, то для такой же резкости снимка с человека, удаленного от аппарата метра на 4, придется пластинку отодвинуть от объектива на 210 мм и т. д.

При малых короткофокусных объективах, которые обыкновенно и применяются в кинематографии, разница в удалениях предметов менее заметна. Например, объектив с фокусным расстоянием 50 мм и при полном отверстии (светосиле) F : 5,4 даст резкие изображения всех предметов, находящихся не ближе 6 метр. Если отверстие будет меньше, например, F : 15, то резко выйдут еще на снимке предметы более близкие (удаленные до 2 метр.). Таким образом диафрагма увеличивает резкость снимка и дает возможность снимать предметы, расположенные на разных расстояниях от аппарата.

К короткофокусным объективам можно отнести Планар-Цейсса F : 3,8 с фокусом 35 мм и Фохтлендер F : 4,5 с фокусом 45 мм. К длиннофокусным—отнесем Тессар-Цейсса F : 3,5 с фокусом 50 — 55 мм и даже до 75 мм.

Размеры (x) изображения зависят от фокусного расстояния объектива (f), от удаления (L) предмета от объектива, и от величины (M) самого предмета. Между указанными величинами существует следующее соотношение:

$$\frac{x}{M} = \frac{f}{L}$$ (см. черт. 80, а) . . . . (1)

или приближенно:

$$\frac{x}{M} = \frac{f}{L - f}$$ (из курса физики) . . (2)

Например, для объектива с $f = 50$ мм для $M = 2$ метр.; $L = 10$ метр., получим высоту изображения

$$x = \frac{2000 \cdot 50}{10000 - 50} = 10{,}05 \text{ мм.}$$

Быстрота действия обтюратора зависит от ширины его щели, быстроты его вращения и от удаления его от пленки. Чем ближе он к пленке, чем меньше его щель и чем быстрее он вращается, тем быстрее будет экспозиция. Обтюраторы обыкновенно делаются секторовидные раздвижные, почему можно по желанию увеличивать или уменьшать секторовидную его щель,

средняя ширина которой при разных выдвигах отсчитывается на выдвижных секторах (3, 6, 9, 12, 15, 20 и т. д. мм; maximum 70 мм, см. черт. 72).

Продолжительность экспозиции, в зависимости только от светосилы объектива, может быть приблизительно выражена следующими отношениями, если экспозицию, при светосиле F : 7, 7 принять за единицу:

светосила	5,4;	7,7;	9;	12,5;	18;	25
относительная экспозиция	$^1/_2$;	1,0;	$1^1/_2$;	3;	6;	12

Эти цифры соответствуют ранее выраженному закону квадратов диаметров диафрагмы.

Быстрое действие обтюратора зависит от быстроты движения снимаемого предмета и от освещенности этого предмета и от светосилы объектива. Чем быстрее движется снимаемый предмет или чем быстрее движется повозка, на которой установлен съемочный аппарат, тем быстрее должен вращаться обтюратор.

При нормальном числе оборотов обтюратора (два в секунду) и при разной ширине его щели будут следующие экспозиции:

ширина щели в мм	70;	20;	15;	12;	9;	6;	3
экспозиция в сек.	$^1/_{60}$	$^1/_{200}$;	$^1/_{300}$;	$^1/_{330}$;	$^1/_{430}$;	$^1/_{650}$;	$^1/_{1300}$

В нижеследующих таблицах сопоставлены наилучшие комбинации освещения, светосилы, ширина щели обтюратора и вида снимаемых предметов.

Если, например, при светосиле F : 7,7 (или, округляя: F : 8), экспозиция равна $^1/_{300}$ сек. (при щели в 15 мм), то при светосиле F : 16, экспозиция потребуется вчетверо большая, т.-е. $\frac{1}{75}$, и ширина щели должна быть 60 мм; это будет целесообразно при съемке медленно движущегося предмета.

При съемке же скачущей лошади следует взять полную светосилу (F : 5,4) и узкую щель (7 мм) при экспозиции $\frac{1}{600}$ сек.

При съемке сильно освещенных и сверкающих предметов (глетчеров, снежных полей при солнце и т. п. следует снимать через желтый светофильтр, поставленный перед объективом при увеличенной в 3 или 4 раза экспозиции (см. в табл. IV числа в ряде улица в городе стр. 80).

Для каждого часа до 11 ч. утра или после 2 ч. дня экспозицию следует увеличивать от $\frac{1}{3}$ для летних месяцев до

ТАБЛИЦА IV.

I. Полное солнечное освещение или слабые белые облака. Время от 11 до 2 ч. дня.

Место.	Ширина щели обтюратора по месяцам.					
	При светосиле.	Май, июнь, июль.	При светосиле.	Март, апрель, август, сентябрь, октябрь,	При светосиле.	Ноябрь, декабрь, январь, февраль.
Море	F : 12,5	15	F : 12,5	20	F : 7,7	20
Ландшафт . . .	F : 7,7	15	F : 7,7	20	F : 5,4	20
Улица в городе . .	F : 5,4	15	F : 5,4	20	F : 5,4	40
Светлая комната .	F : 5,4	70	F : 5,4	70	—	—

ТАБЛИЦА V.

II. Небо покрыто густыми облаками. Время от 11 до 2 ч. дня.

Место.	Ширина щели обтюратора по месяцам.					
	При светосиле.	Май, июнь, июль.	При светосиле.	Март, апрель, август, сентябрь, октябрь.	При светосиле.	Ноябрь, декабрь, январь, февраль,
Море	F : 7,7	9	F : 7,7	20	F : 5,4	20
Ландшафт	F : 5,4	15	F : 5,4	20	F : 5,4	40
Улица в городе . .	F : 5,4	70	F : 5,4	70	F : 5,4	70

©?DSPL.RU/ELIB

$\frac{1}{2}$ (для зимних), производя съемку летом не ранее 8 ч. утра и не позже 4-х часов дня, а зимою не ранее 10 ч. утра и не позже 3 ч. дня.

При помощи вышеприведенных таблиц легко определить светосилу и ширину щели для разных условий съемки. Например, при съемке сцены на открытом воздухе в июне при солнечном освещении при диафрагме F : 8 следует щель взять 15 или, при соответственном пересчете при F : 9, взять щель 20 мм. $\left(\frac{x}{15} = \frac{9^2}{8^2};\ x = 1{,}3 \cdot 15 = \text{с } 20 \text{ мм}\right)$. Если при этом съемка происходила в 4 ч. дня, то экспозицию следует увеличить вдвое, т.-е. при диафрагме F : 8 взять щель 30 мм. Если небо будет покрыто густыми облаками, то следует взять щель полной ширины, т.-е. 70 мм.

Таблицы дают также указание на другие обстоятельства, при которых съемка будет удачной. Например, по улице быстро движется предмет. Может ли он быть снят при наименьшей ширине щели 6 м, при пасмурном небе в июле при светосиле F : 5,4 в 4 ч. дня? Нет, так как из таблицы V следует, что уже в 2 ч. дня ширина щели должна быть свыше 15 (около 70).

При съемке очень быстро или очень медленно движущихся предметов устраивают особые передачи (мультипликаторы и демультипликаторы) от ручки к обтюратору и ленте, увеличивая или уменьшая таким образом время экспозиции и изменяя число снимков в секунду (нормально число их в секунду — 16).

©?DSPL

Глава IV. Кинопроектирование.

§ 9. Память зрения и стробоскопические явления.

а) Память зрения.

Законы физики прилагаются ко всем явлениям природы, в том числе и к физиологическим. В частности, для наших ближайших рассуждений, мы рассмотрим один из этих законов, именно *закон инерции*, гласящий, что «*тело или его молекулы обладают свойством сохранять то состояние покоя или движения, в котором они находятся, пока какая-нибудь внешняя сила не изменит этого состояния*». Колесо на своей оси, маятник будут вечно неподвижными, пока на них не подействует какой-нибудь толчок.

То же самое происходит и в области физиологических явлений. Например, чтобы мы могли получить ощущение света, последний должен раздражить зрительный нерв, при чем это *раздражение* должно быть определенной силы и продолжительности и только тогда появится в теле возбуждение чувства света, которое и даст в мозгу *впечатление* (ощущение) света. Ощущение света наступит лишь тогда, когда сила света, изменяясь от нуля, достигнет некоторой, различной для разных людей величины, которую мы назовем минимальной ощущаемой силой света или *минимальной светочувствительностью глаза.*

Закон инерции приложим не только к телам, находящимся в покое, но и к двигающимся, однако, в последнем случае этот закон не так ясно выявляется, так как всякое движение современем прекращается благодаря вредным сопротивлениям трения. Но если бы не было последнего, то колесо вращалось бы вечно, маятник качался бы постоянно и т. д. Перенося эти явления в область физиологии, можно сказать, что всякое ощущение распространяется и продолжает действовать в теле, хотя возбудитель его уже прекратил свое действие.

Это *последствие* или *память ощущения* продолжается до тех пор, пока еще неизученное трение в нервах не прекратит его движения.

Для выяснения этого явления обратимся к механизму наших ощущений. Внешнее возбуждение (механическое, электрическое, зрительное, звуковое): 1) действует на органы восприятия этих ощущений, т.-е. на концы чувствительных нервов; 2) далее эти ощущения проходят по нервным волокнам со скоростью от 30 до 90 метр. в сек., на что требуется время от $^1/_2$ до $^1/_{10}$ секунды. В результате 3) происходит возбуждение ганглиевых клеток мозга, где упомянутое возбуждение преобразуется в то или иное впечатление.

Таким образом, всякое внешнее раздражение должно преодолеть эти три противодействия. Если раздражение не достаточно сильно, оно затихает и исчезает на пути, не достигая мозга. Обратно, если раздражение будет повторяться, то оно каждый раз будет возбуждать ощущение в концах нервов, в нервных волокнах и в мозгу, пока не будет уничтожено трением.

Таким образом сохраняется впечатление и света, хотя последний уже и прекратил свое действие. Мы видим картину, хотя она уже исчезла из наших глаз. Это свойство называется *памятью зрения*.

Явление памяти зрения было известно еще Птоломею, который в своей «Оптике», написанной от 130 до 150 г. после Р. Х., говорит, что белый диск, у которого один сектор окрашен в какую-нибудь краску, кажется, при быстром вращении, весь окрашенным в ту же краску. В позднейшие века об этом же свойстве глаза говорят: арабский астроном Альгацен (Alhazen), Леонардо да Винчи, Ньютон, Войль, Сегнер и др.

Если сопоставить между собой результаты опытов, произведенных различными учеными для определения продолжительности светового впечатления или памяти зрения, то получим следующее:

1) Память зрения продолжается для средней силы света около $\frac{1}{20}$ сек. (по опытам получалось $^1/_3$ с., $^1/_7$, $^1/_{10}$, $^1/_{20}$, $^2/_{45}$, $^1/_{30}$).

2) Память зрения имеет свои фазы; максимум силы и блеска продолжается лишь несколько тысячных секунды (Плато, 1832 г.).

3) Память зрения увеличивается с яркостью действующих лучей.

4) Память зрения не одинакова для лучей разной длины волны. Она наименьшая для желтых лучей (около линии D сектора) и растет как в сторону красных, так и в сторону фиолетовых лучей (Allen, 1901 г.).

Если какой-нибудь предмет будет закрываться от нас на время в среднем меньшее $^1/_{20}$ сек. (продолжительность памяти зрения), то мы не будем замечать его исчезновения, и нам будет казаться, что мы видим его все время. Например, если мы будем близко перед глазами быстро двигать рукою с расставленными пальцами и смотреть сквозь них на оживленную улицу, то мы не заметим перерыва в ее движении.

Если быстро потушить лампу, то еще $^1/_{20}$ сек. нам будет казаться, что она горит. Если смотреть в течение 10 — 15 сек. на ярко освещенное окно и затем закрыть глаза, то нам будет казаться, что мы продолжаем видеть переплеты окна.

Следует заметить, что чересчур быстрые явления света не успевают произвести зрительных раздражений и возбудить память зрения. Вот почему мы не видим летящих ядра или пули, скорость которых свыше 300 метр. в сек.

Следует еще заметить, что если движущийся предмет освещается такой короткий промежуток времени, что он не успевает много передвинуться, то он и кажется нам неподвижным. Например, если темною ночью молния освещает движущийся экипаж, то он кажется неподвижным.

Явления памяти ощущения относятся не только к зрению, но и к другим чувствам.

Так, память осязания продолжается около $^1/_{1000}$ сек., память звука — $^1/_{60}$ сек. Благодаря последней мы можем ощущать *мелодию*, т.-е. плавный переход одного звука в другой.

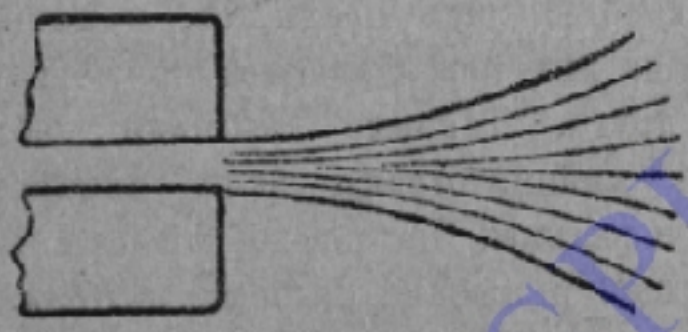
На памяти зрения основаны следующие явления.

I. Один и тот же предмет может казаться в одно и то же время в разных местах.

Действительно, если ярко освещенный предмет, быстро двигаясь, будет с разных мест посылать в глаз лучи через промежутки времени, меньшие $^1/_{20}$ сек., то он будет казаться одно-

временно во всех этих местах, и движение его сольется в один сплошной светлый путь.

Примеры: 1) Молния, электрическая искра, падающая звезда, перелетающие с одного места на другое, представляются нам светлыми линиями. 2) Раскаленный уголь, при быстром вращении его в темноте на гибкой проволоке дает впечатление светлого круга. Это явление было замечено еще в 1765 году ученым Арси (Arcy). 3) Капли падающего дождя дают впечатление водяных нитей. 4) Упругий прут (черт. 86), зажатый у одного конца и приведенный в колебание, дает впечатление целого пучка прутьев. 5) В 1765 г. французский аббат Нолле (Nollet) в своей книге «Leçons de Physique» описал явление вращения диска вокруг своей оси, при чем этот диск кажется шаром. 6) Позднее во Франции появилась игрушка, под названием «*волшебной вазы*» (черт. 87). Прут,



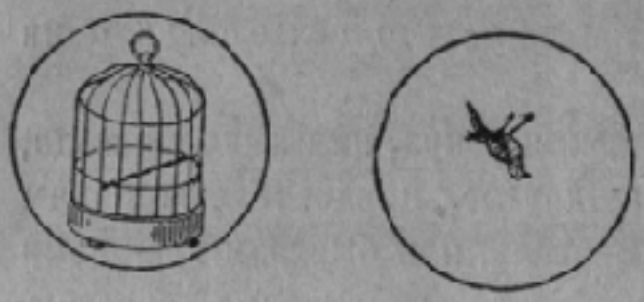
Черт. 86. Память зрения. Колебания прута.

Черт. 87. Память зрения. Волшебная ваза.

изогнутый в профиль вазы, быстро вращался вокруг вертикальной оси и давал впечатление вазы.

II. Разные предметы могут казаться в одно и то же время в одном месте.

При быстром чередовании в одном месте различных предметов, последние могут казаться занимающими это место в одно и то же время. Пример этого явления может дать *тауматроп*, называемый иногда волшебным диском; изобретение его приписывают доктору Пари (Paris) и англичанину Фиттону (Fitton) в 1825 году. Тауматроп состоит из картонного диска

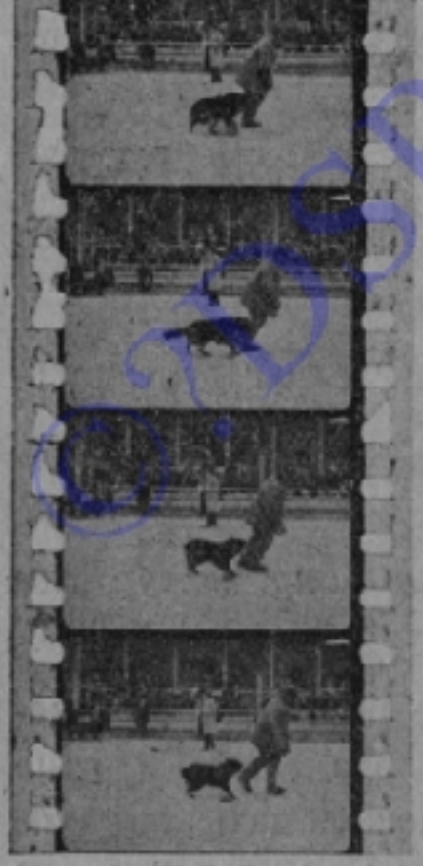


Черт. 88. Тауматроп. Пари—Фиттона.

(черт. 88) с двумя веревочками. На одной стороне его изображается, например, пустая клетка, а на другой — птичка. При быстром вращении диска при помощи веревочек два изображения птички и клетки сливаются в одно, и будет казаться, что птичка сидит в клетке.

III. Одни предметы кажутся передвигающимися относительно других (кинематография).

Предположим теперь, что перед глазом проходит ряд картин, из которых каждая на мгновение останавливается, чтобы запечатлеться в глазу, и затем сменяется другой. Во время смены картины затемняются, чтобы не происходило их мелькание. Далее предположим, что на каждой картинке изображен ряд одинаковых неподвижных предметов, и лишь некоторые из них передвигаются друг относительно друга. Таковые картинки дает съемочный кинематографический аппарат при помощи фильмы. Часть подобной фильмы, изображающей движение человека и собаки, изображена на черт. 89. Пусть эти снимки сняты с интервалами $^1/_{15}$ $\left(\frac{3}{45}\right)$ секунды. Каждый из последующих снимков весьма мало отличается от предыдущего. Если положить их друг на друга, то неподвижные части их совпадут, части же, находившиеся в движении, будут весьма немного сдвинуты в сторону на величину, соответствующую перемещению человека и собаки за $^1/_{15}$ долю секунды. В минуту таких снимков сделано 900.



Черт. 89. Относительное движение человека и собаки.

Будем пропускать эту ленту в волшебном фонаре и проектировать ее на экране в следующем порядке (черт. 90).

Проектируем 1-й снимок на экран в продолжение $^2/_{45}$ сек. Затем заменим его вторым снимком, передвинув ленту в фонаре. Во время этой передвижки $\left(\frac{1}{45}\text{ сек.}\right)$ закроем объектив непрозрачной заслонкой (обтюратором), чтобы не было мелькания на экране. За это время затемнения глаз, благодаря памяти зрения, будет еще видеть 1-й снимок на экране. Далее на экране появляется 2-й снимок и стоит $^2/_{45}$ сек. Первую половину этого времени в глазу, благодаря памяти зрения, еще остается впечатление о 1-м снимке, соединенное со 2-м снимком. Но память о 1-м снимке постепенно исчезает и вторую половину времени остается впечатление лишь о 2-м снимке. Затем происходит снова затемнение, появляется 3-й снимок и т. д. Таким образом все последовательно снятые моменты движения, постепенно переходя из одного в другое, пройдут перед глазами и дадут впечатление непрерывного движения, т.-е. то, что мы видим в современном кинематографе. Из вышеизложенного ясно, что для получения впечатления непрерывного движения необходимо наличие двух факторов: 1) памяти зрения и 2) смены картин, при чем в глазу должны *одновременно* быть впечатления от двух смежных картин.

доли секунды	Что происходит: на экране	в глазу	доли секунды
2/45	1ый снимок	1ый снимок виден непосредственно	1/45
			1/45
1/45	затемнение	1ый снимок в памяти зрения	1/45
2/45	2ой снимок	1 снимок в памяти зрения 2 снимок виден непосредственно	1/45
		2 снимок виден непосредственно	1/45
1/45	затемнение	2 снимок в памяти зрения	1/45
2/45	3ий снимок	2 снимок в памяти зрения 3 снимок виден непосредствен	1/45
		3 снимок виден непосредственно	1/45
1/45	затемнение	3 снимок в памяти зрения	1/45
2/45	4ый снимок	3 снимок в памяти зрения 1 снимок виден непосредствен.	1/45
		4 снимок виден непосредствен	1/45
1/45	затемнение	4 снимок в памяти зрения	1/45

Черт. 90. Чередование снимков на экране и в памяти зрения.

Явления, подобные описанному, были известны еще в древности. Не всегда легко разобрать, что древние изображали своими описаниями, в особенности в стихотворной форме, но все же следующий отрывок из поэмы «De natura rerum» Лукреция Кара

РОССИЙСКАЯ ГОСУДАРСТВЕННАЯ БИБЛИОТЕКА - ИМЕНИ К. МАРКСА - Р.С.Ф.С.Р

(Lucretius Carus), жившего с 99 по 65 год до Р. Хр., указывает, что Лукрецию были известны подобные явления.

«Quod super est, non est mirum, simulacra moveri
Brachiaque in numerum jactare et cetera membra;
. . . . . .
. . . . . .
Quippe ubi prima perit, alioque est altera nata
Endo statu, prior haec gestum mutarse videtur.
Scilicet id fieri cleri ratione putandum est».

(4-я книга, стих. 772 и след.)

Впрочем, и не удивляйся, что движутся образы эти
И с равномерностью руки и прочие члены подъемлют.
. . . . . .
. . . . . .
Где улетучился образ один, там другой возникает,
И нам сдается, что первый из них положенье меняет.
Стало быть это случается от быстроты, надо думать.

(Перев. И. Рачинского: Тит Лукреций Кар. «О природе вещей». Москва. 1904).

Кинематографические явления тесно связаны с так называемыми *стробоскопическими явлениями*, представляя собою частный случай последних.

Рассмотрим несколько подробнее эти стробоскопические явления, производящие *стробоскопический эффект*.

b) *Стробоскопический эффект.*

Слово «*стробоскоп*» происходит от двух греческих слов: στρόβος — вихрь и σκοπέω — смотрю и обозначает буквально прибор для рассматривания вихрей. В физике под таковым прибором разумеют такой, в котором изображается движение каких-либо фигур.

Более точное определение стробоскопического эффекта дано П. Линке (Paul Linke), по которому таковым эффектом называется «уподобление различных по числу, но однородных по виду предметов кажущемуся неизменяемому единому предмету или явлению». Условие «различных по числу» подразумевает *смену* изображений или предметов.

При стробоскопических явлениях движение может наблюдаться, но может и не наблюдаться — кроме того эти явления

могут соединяться с памятью зрения, но могут с ней и не соединяться.

Рассмотрим все эти случаи на примерах:

а) Кажущееся движение без памяти зрения.

1) Предположим, что болт с винтовой нарезкой, т.-е. винт, быстро вращается вокруг своей оси. Тогда будет казаться, что шаг винта (т.-е. мысленный промежуток между двумя соседними витками), передвигается вдоль оси в ту или другую сторону в зависимости от направления вращения. Здесь кажущийся предмет — шаг, благодаря смене одинаковых таких же шагов, кажется неизменяемым, хотя в действительности он все время сменяется соседними шагами. В результате же он кажется ползущим в ту или другую сторону.

2) Вычертим на бумаге черную прямую линию. Наложим на чертеж другой лист бумаги с длинной узкой щелью, расположенной под острым углом к прямой. Будем двигать по чертежу лист с щелью перпендикулярно к длине последней. Тогда будет казаться, что точковидный кусок линии будет бегать в одну или в другую сторону в зависимости от направления движения щели. Это явление объясняется так же, как и в первом примере.

3) К этому же классу относится явление кажущегося поднятия и опускания телеграфных проводов, наблюдаемое в окно движущегося поезда. Здесь провод уподобляется вышеупомянутой прямой, и окно вагона — щели в листе бумаги.

4) Вычертим на белом диске, начиная от центра его, спиральную линию и будем вращать его вокруг оси, проходящей через этот центр и перпендикулярной к его плоскости. Тогда будет казаться, что спираль раздвигается по радиусам.

5) Видимое движение волн на воде также представляет собой стробоскопический эффект.

6) Весьма наглядный пример стробоскопического эффекта без памяти зрения предстаавляют так называемые зубчатые колеса Фарадея, демонстрированные последним в 1830 году. Явление это состоит в следующем: предположим, что на одной оси надеты два зубчатых колеса с одинаковыми числами зубцов и оба они вращаются с одинаковыми скоростями, но в противоположные стороны; тогда, смотря на колеса вдоль оси, мы заметим

вместо двух вращающихся колес одно неподвижное с удвоенным числом зубцов, по сравнению с числом зубцов каждого колеса.

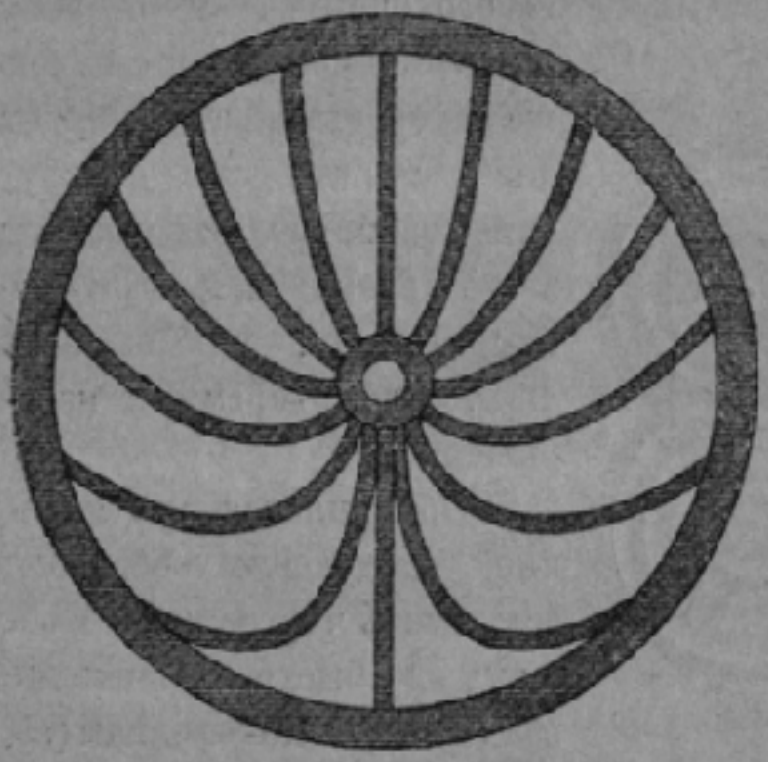
Объясняется это явление следующим образом. Предположим сначала, что вращается лишь одно колесо. При достаточно быстром вращении все зубцы его сольются в один серый фон, в котором уже зубцов нельзя различить. Второе колесо, взятое в отдельности и вращающееся в противоположном направлении, даст то же явление.

Теперь рассмотрим оба колеса совместно. Тогда фон, образуемый движущимися зубцами, будет не одинаковой густоты. Там, где встречаются два зубца обоих колес, оттуда в глаз посылается сумма световых эффектов и это влечет за собою впечатление о появившемся зубце в этом месте. Пока зубец одного колеса сделает один оборот, он встретит удвоенное число зубцов другого колеса, а потому и будет казаться новое колесо с удвоенным числом зубцов, при чем последние, при одинаковых скоростях вращения обоих колес, будут казаться неподвижными. Если колеса будут вращаться с разными скоростями, то видимое третье колесо также будет вращаться с тем большей скоростью, чем больше разность скоростей двух данных колес.

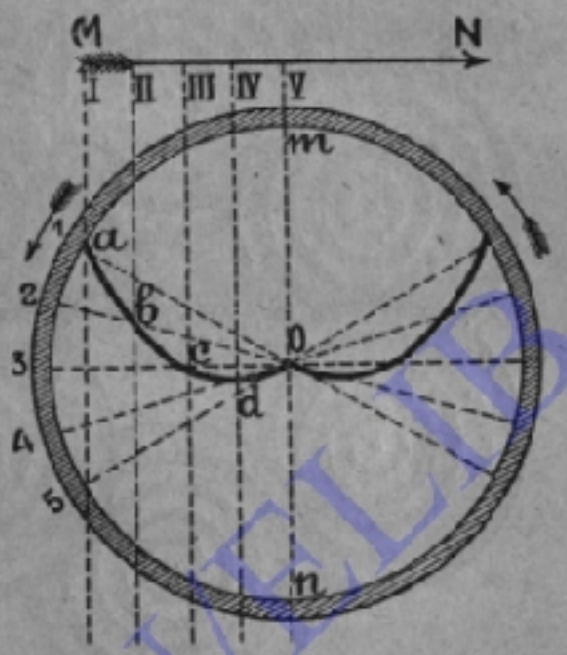
β) *Кажущееся движение с памятью зрения.*

Колесо Роджета (P. M. Roget. 1824 год.). Это явление, исследованное Роджетом, заключается в следующем. Предположим, что мы наблюдаем колесо экипажа, катящееся за сквозным забором, состоящим из вертикальных палок. Тогда спицы колеса будут казаться неподвижными, но принявшими искривленную форму (черт. 91), колесо будет казаться скользящим вдоль забора без вращения. В зависимости от направления вращения искривление спиц будет направлено вниз или вверх. Для объяснения этого явления рассмотрим движение одной спицы и предположим, что ось колеса неподвижна, а движется щель забора. Явление будет происходить так же, как если бы ось колеса двигалась, а щель оставалась неподвижной. На черт. 92 движение щели показано стрелкой MN (слева направо), вращение же колеса показано против движения часовой стрелки. Если щель пришла в положение I, а спица — в положение 1, то мы увидим лишь конец (a) последней, а вся остальная часть ее будет от нас

скрыта. Когда щель придет в положение II, спица займет положение 2 и мы увидим точку (b) ее и т. д. Если впечатления

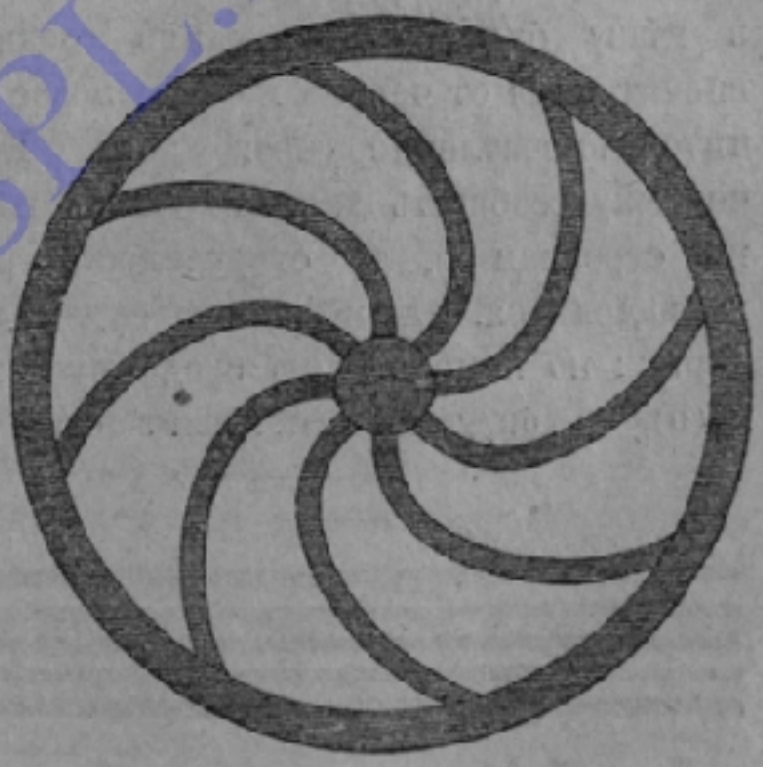


Черт. 91. Колесо Роджета (1-й вид).



Черт. 92. Теория колеса Роджета.

от этих точек a, b, c, d следуют быстро друг за другом, то, благодаря памяти зрения, они создадут впечатление непрерывной кривой, и спицы покажутся не прямыми, а искривленными. Прямою спица покажется лишь тогда, когда она по длине будет совпадать с щелью, т.-е. в верхнем и нижнем положениях. Для того, чтобы спицы казались прямыми, им следует придать и загнутую форму, вроде лопастей водяных колес (черт. 93).

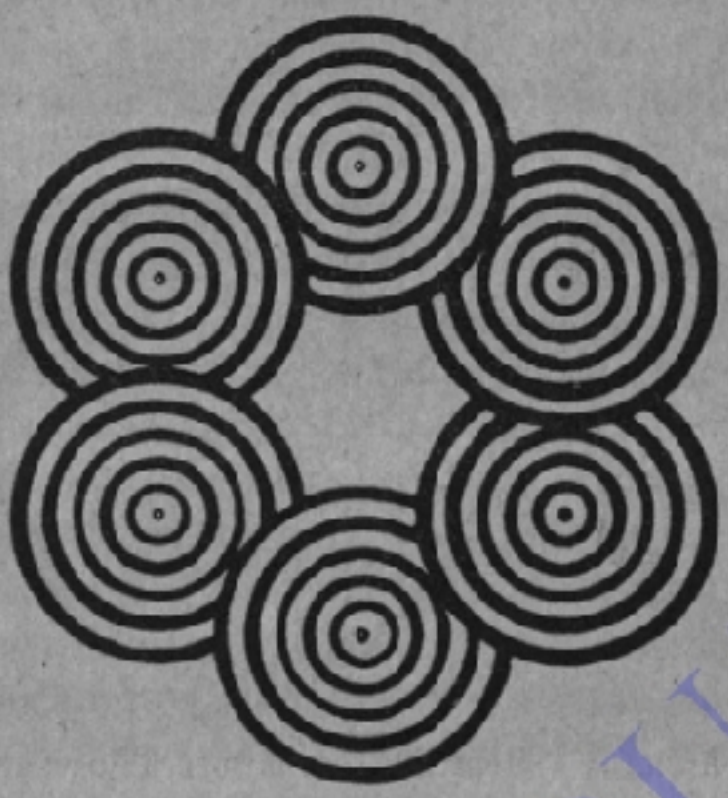


Черт. 93. Колесо Роджета (2-й вид).

2) *Круги Томпсона* [1]). На черт. 94, изображен ряд кружков. Если расположить этот чертеж на столе и сооб-

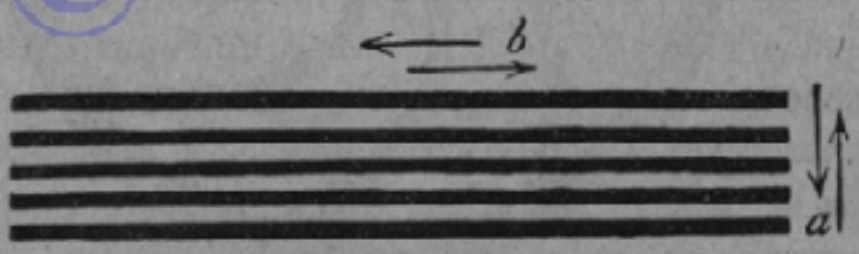
[1]) Заимств. из книги Е. И. Игнатьева «В царстве смекалки», ч. II, стр. 29.

щить ему незначительное круговое движение в его плоскости, то каждый из шести кружков будет казаться вращающимся около своего центра в сторону движения фигуры и с такою же скоростью, т.-е. будет казаться, что каждый круг описывает полный оборот в то время и в том же направлении, как и весь лист, на котором он изображен.

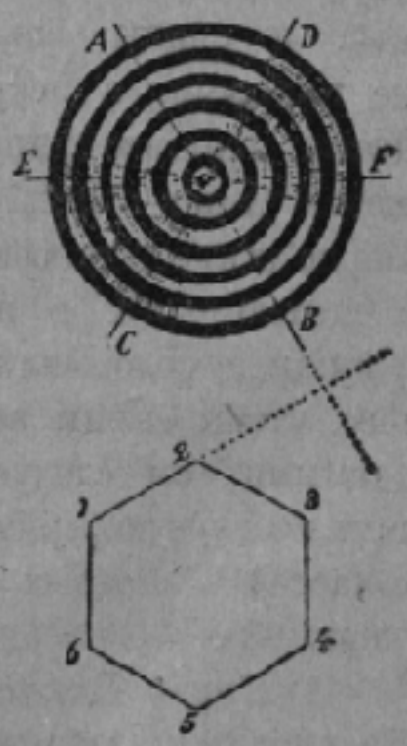


Черт. 94. Круги Томпсона.

Объясняется это явление следующим образом: если взять чертеж 95 и сообщить ему быстрое движение взад и вперед по стрелкам (a), то он потеряет свою отчетливость и сделается как бы туманным. Это произойдет оттого, что, благодаря памяти зрения, в глазу будут одновременно соединяться впечатления от черных и белых полос и получится впечатление серого тона. Если же чертежу сообщить движение взад и вперед по стрелкам b, то отчетливость рисунка не изменится. Если же мы будем двигать чертеж по направлению среднему между (a) и (b), то он также потеряет свою отчет-



Черт. 95. Объяснение к кругам Томпсона.



Черт. 96. Объяснение к кругам Томпсона.

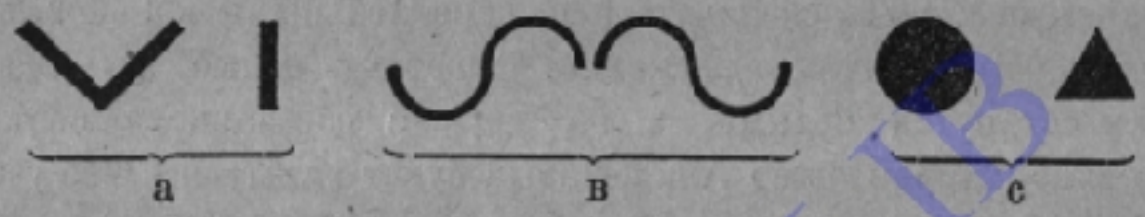
ливость и тем больше, чем ближе его движение будет подходить к направлению (a).

Рассмотрим один диск из шести кружков (черт. 96 вверху) и предположим, что мы сообщаем ему движение не круговое, а по направлению стрелок шестиугольника 1 2 3 4 5 6 (черт. 96, внизу), так что каждый кружок движется сначала по направлению от 1 к 2, потом от 2 к 3, от 3 к 4 и т. д. Рассмотрим тот период, когда движение происходит параллельно линии 1—2, и проведем диаметр ⊥ к 1—2. Части концентрических кругов, заключающиеся в узкой полоске вдоль AB, можно считать перпендикулярными к AB и, следовательно, параллельными к 1 — 2, т.-е. параллельными к линии движения. Поэтому белые части этой полоски останутся белыми, а на кружке обозначится светлый диаметр по направлению AB, который будет казаться более узким у центра и более широким по концам. Остальная часть кружка будет казаться более или менее туманной, так как другие части концентрических кругов будут в этот момент двигаться под углом к линии 1 — 2. В следующий момент движение происходит параллельно линии 2 — 3. На основании подобных же рассуждений заключим, что светлым диаметром будет казаться CD. При движении, параллельном 3 — 4, светлым диаметром будет казаться EF и т. д. При увеличении числа сторон шестиугольника и диаметры будут следовать непрерывной чередой друг за другом и в результате выясняется, почему, при вращении каждого диска с кружками, светлый диаметр их будет вращаться в ту же сторону.

Стробоскопический эффект иллюстрируется хорошо *тауматроскопом* Линке. Принцип этого аппарата состоит в том, что две более или менее сходные картины поочередно проектируются на один и тот-же экран. Так, например, можно поставить рядом два проекционных аппарата и так ориентировать их, чтобы они освещали в точности одну и ту же часть экрана. Два диапозитива вставляются в проекционные аппараты и через определенные промежутки времени проектируются на одно и то-же место экрана. Если на диапозитивах изображены фигуры, показанные, например, на черт. 97, а, то зритель на экране увидит, при достаточно частой смене картин, не два чередующихся изображения, а лишь одно, притом находящееся в движении, а именно угол, стороны которого то сближаются, сливаясь в одну линию, то снова расходятся.

При попеременном проектировании волнообразных линий, изображенных на черт. 97, b, зритель увидит только одну такую линию, вращающуюся вокруг горизонтальной оси, находящейся в плоскости чертежа.

Подобные движения можно получить и при помощи фигур, менее сходных между собою, чем только что описанные. Так если взять диапозитивы, с изображениями по черт. 97, c, то зритель увидит, как стороны треугольника становятся выпуклыми



Черт. 97. Таутоскоп Линке.

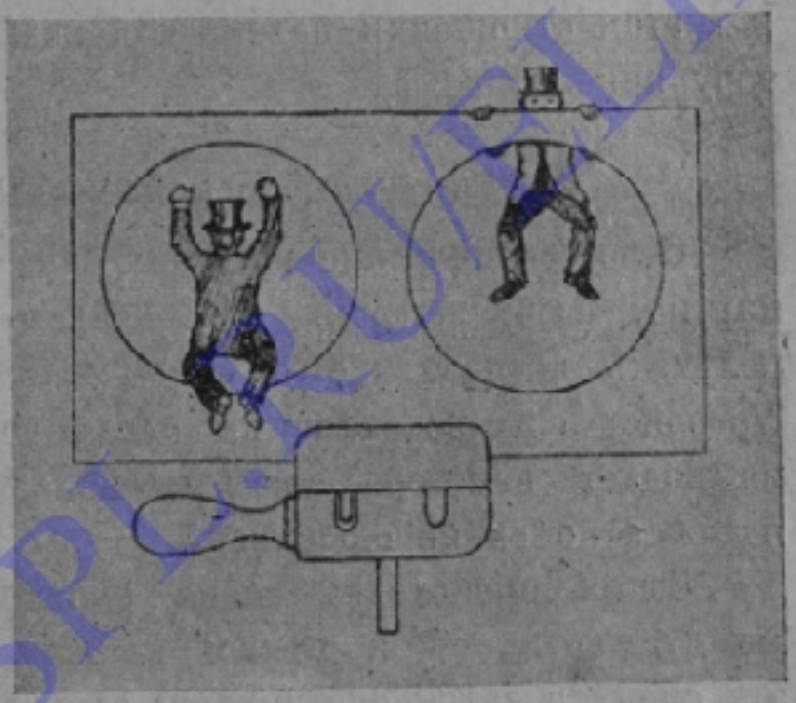
и фигура превращается в круг, после чего круг, в свою очередь, постепенно переходит в треугольник. Точно таким же образом можно показать превращение яблока в грушу и наоборот.

γ) *Кажущаяся неподвижность без памяти зрения.*

Этот случай был уже рассмотрен выше (стр. 89), на примере двух колес Фарадея, когда последние вращаются в разные стороны с одинаковыми скоростями и дают впечатление третьего неподвижного колеса с удвоенным числом зубцов. Если вращать колесо Фарадея в разные стороны или в одну и ту же сторону и изменять их относительные скорости вращения, то можно наблюдать: 1) неподвижное третье колесо, 2) его же, движущееся в одну сторону, 3) его же, движущееся в обратную сторону, 4) периодическое изменение яркости фона кажущегося сплошного диска (при вращении колес в одну сторону с разными скоростями).

Явления, наблюдаемые при помощи колес Фарадея, послужили Допплеру (Chr. Doppler) основанием к применению аналогичного метода при определении периодических движений большой скорости. Сущность его метода заключается в следующем. Пусть мы имеем движение, периодически повторяющееся, и с периодом, не превосходящим 0,35 сек., или, для очень возбудимых глаз, 0,5 сек., и будем наблюдать его сквозь быстро вращающийся диск с отверстиями; пусть, далее, скорость вращения этого диска

вполне одинакова со скоростью периодического движения. Тогда очевидно, что глаз наш всегда будет видеть предмет в одной и той же фазе колебания. Если, как было предположено, эти тождественные впечатления следуют друг за другом через более короткие промежутки времени, чем продолжительность сохранения впечатлений (памяти зрения) в глазу, то все они сливаются в одно непрерывное впечатление. В этом случае мы увидим предмет совершенно неподвижным с обычной принадлежащей ему формой и окраской, в каком бы движении он ни находился: в круговом или колебательном, или в каком угодно ином сложном, лишь бы оно было периодическим и точно изохронным с вращением диска. При этом время полного оборота диска является мерой времени одного периода движения тела. Время же оборота диска может быть определено с большой точностью. Следует, однако, заметить, что этот результат получается не только в случае изохронности между движениями диска и тела, но и во всех тех случаях, когда времена оборота диска в целое число раз больше периода движения тела, пока только это время не станет больше 0,35 сек.



Черт. 98. Педемоскоп.

В заключение опишем прибор, называемый *педемоскопом*, который дает стробоскопический эффект и вместе с тем возбуждает в мозгу дополнительные психические ощущения, без соответственных зрительных впечатлений (черт. 98). Устроен прибор следующим образом: берется картонка в размере большой визитной карточки. На одной стороне ее, в левой половине, рисуется начальная фаза какого-нибудь движения, например, человек, готовый к прыжку. Затем картонка переворачивается на другую сторону и опять на левой ее половине рисуется конечная фаза

того же движения, например человек, прыгнувший вверх. Затем картонка укрепляется на станочек так, что ее можно быстро поворачивать вокруг средней вертикальной оси, лежащей в ее плоскости и параллельной осям изображений. При достаточно быстрых поворотах картонки так, чтобы изображение задерживалось на мгновение слева перед глазами, будет казаться, что человек находится не только в начальной и конечной фазе своего прыжка, но, благодаря работе воображения, занимает и промежуточные положения между нижним и верхним положениями, хотя этих положений на картинках и не показано.

Таким образом здесь стробоскопический эффект соединяется с памятью зрения и с дополнительной работой воображения, и в этом отношении педемоскоп можно рассматривать, как предтечу кинематографа.

c) *Стробоскопические приборы.*

Стробоскопические приборы, при которых, наблюдая смену картин, изображающих фазы какого-нибудь движения, можно получить впечатление о самом движении, весьма разнообразны. Устройство их основано на следующем общем принципе. Глаз наблюдает некоторое, весьма малое время картинку, которая кажется почти неподвижной.

Затем происходит смена картинки, при чем в это время между картинкой и глазом появляется заслонка, закрывающая эту смену, и затем снова перед глазом появляется новая картинка и т. д.

По роду устройства и по способу проектирования изображения (видимо ли оно одному или нескольким наблюдателям) стробоскопические аппараты можно сгруппировать в следующую таблицу VI.

Каждый из аппаратов группы А характеризуется тем, что им может пользоваться одновременно лишь один наблюдатель, рассматривая снимки в аппарате. Аппараты же группы Б отбрасывают изображение на экран, почему эти изображения могут сразу видеть много наблюдателей.

Переходим к описанию отдельных аппаратов.

I/1a. *Дисковый стробоскоп Плато-Стампфера.* Этот стробоскоп был одновременно в 1832 году изобретен профессором

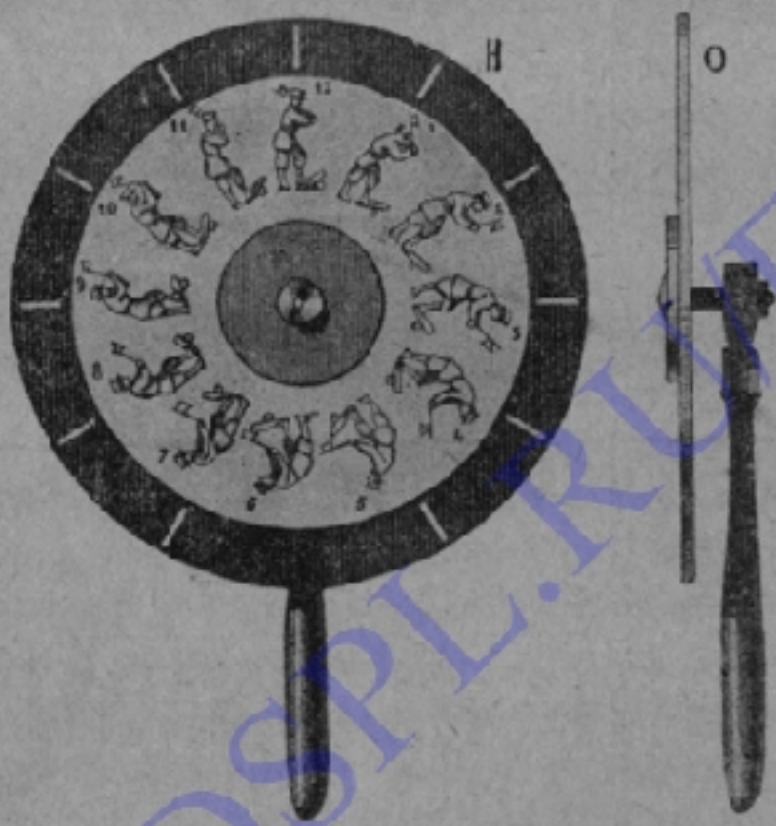
ТАБЛИЦА VI.

Стробоскопические приборы.

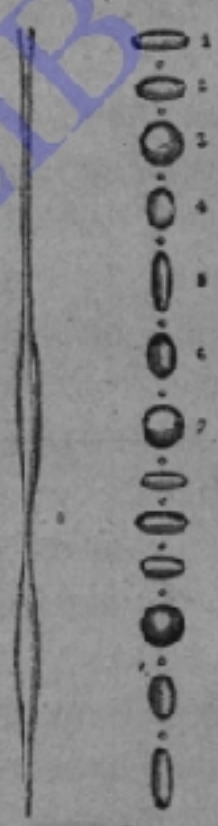
А. ДЛЯ ОДНОГО НАБЛЮДАТЕЛЯ.					Б. ДЛЯ МНОГИХ НАБЛЮДАТЕЛЕЙ.			
I. Дисковые.	II. Зеркальные.	III. Барабанные.	IV. Тетрадочные.	V. Ленточные.	VI. Барабанные неподвижные.	VII. Барабанные подвижные.	VIII. Дисковые.	IX. Ленточные.
1) Стробоскоп Плато-Стампфера.	1) Фантаскоп Плато.	1) Волшебный барабан Горнера.	1) Карманный фантоскоп.	1) Кинетоскоп Эдиссона.	1) Стробоскоп Ухациуса.	1) Волшебный барабан Ухациуса.	1) Колесо жизни Ухациуса.	1) Хорейтоскоп Гюгюэса.
a) с одним диском.		2) Рельефный стробоскоп Марея.	2) Простой мутоскоп.			2) Праксиноскоп Рено.	2) Хорейтоскоп Мольтени и Гюгюэса.	2) Аппарат Марея.
b) с двумя дисками.		3) Праксиноскоп Рено.	3) Стереоскопический мутоскоп.				3) Тахископ и электротахископ Аншютца.	3) Аппарат Демени.
c) Анортоскоп Плато.	2) Прибор Кенига.	4) Стробоскоп Аншютца.	4) Ленточный мутоскоп.				4) Фоноскоп Демени.	4) Аппарат Люмьера, Патэ, Гомон и др.

©DSPL.RU/ELIB

физики в Генте — Плато (Joseph Antoine Ferdinand Plateau, 1801 — 1883) и венским профессором Стампфером (Simon Stampfer, род. 1792 г.). Прибор этот (черт. 99) состоит из диска H, который может приводиться в быстрое вращение около своей оси при помощи намотанного на нее шнурка. По окружности диска на равных друг от друга расстояниях располагаются продольные щели, против которых наблюдатель помещает свой глаз в то время, как кружку сообщено быстрое вращательное движение. При соответственной скорости этого последнего щели не слива-



Черт. 99. Дисковый стробоскоп Плато - Стампфера.



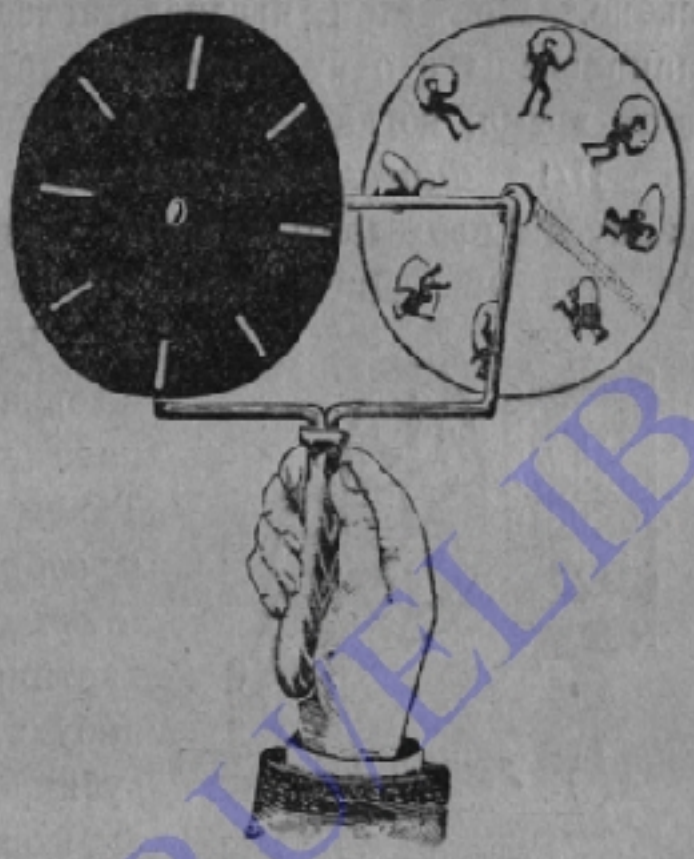
Черт. 100. Струя воды в стробоскопе.

ются между собой; поэтому зрительные впечатления от рассматриваемых через них предметов представляют собою ряд отдельных положений, соответствующих определенным моментам. Поэтому, наблюдая через стробоскоп струю воды, мы увидим ее разделенную на капли (черт. 100), которые кажутся медленно падающими вниз.

I/1b. *Стробоскоп Стампфера с двумя дисками.* На черт. 101 изображен стробоскоп Стампфера, состоящий из двух дисков, наглухо закрепленных на одной и той же оси. В переднем диске сделаны щели, на заднем — расположены картины, изображающие фазы какого-нибудь движения. Ось вместе

с дисками приводится во вращение. При рассматривании картинок через щели получается впечатление движения фигуры.

I/2. *Анортоскоп Плато.* Ранее, говоря о стробоскопическом эффекте, мы упомянули о кажущихся искривлениях прямых спиц вращающагося колеса при рассматривании его сквозь щели забора (колеса Роджета, черт. 91). Для того же, чтобы спицы казались прямыми, им необходимо дать искривленную форму (черт. 93). На этом же принципе Плато построил стробоскопический прибор, названный им *анортоскопом* или восстановителем формы предметов. Устройство его таково же, как и стробоскопа Стампфера с двумя дисками, при чем Плато делает лишь задний диск прозрачным и располагает на нем не картины фаз какого-нибудь движения, а части фигуры, измененной по определенным правилам, подобной измененным очертаниям спиц колеса Роджета (черт. 93).



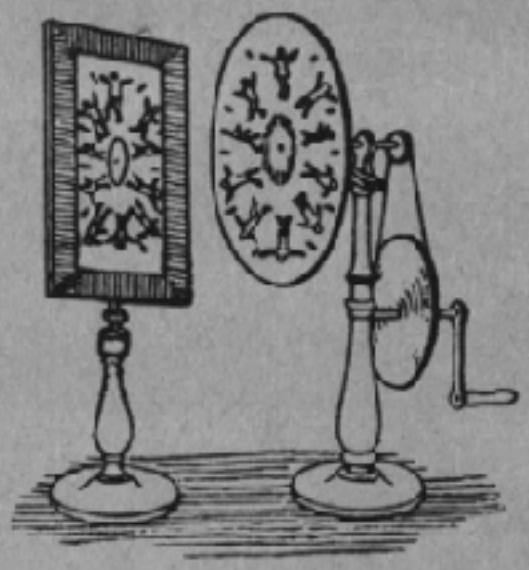
Черт. 101. Стробоскоп Стампфера с 2 дисками.

При быстром вращении дисков и при рассматривании фигур через щель получается впечатление о новой желаемой фигуре, которую Плато называет *анаморфозой* фигур, нарисованных на диске. Для получения лучшего эффекта Плато вращал диски в противоположных направлениях, так как при этом возрастала скорость перемещения щели и картинки относительно глаза и уменьшалось мелькание картинок при смене их. На черт. 102 показан пример искаженных частей слова, которые

Черт. 102. Анаморфоза Плато.

рисуются на диске, и анаморфоза их — слово «Loi» (закон), в которое слагаются эти части при рассматривании их в анортоскопе. При этом предполагается, что скорости обоих дисков направлены в одну сторону и диск со щелями делает 4 оборота в то время, когда диск с фигурами делает 3 оборота.

П/1. *Фантаскоп Плато* [1]) состоит из диска, в котором по радиусам проделаны длинные узкие щели (подобно изображенным на черт. 99). Диск приводится в быстрое вращение вокруг своей оси. Если смотреть через щели диска в зеркало, то будет казаться, что в зеркале диск со спицами неподвижен. Таким образом этот прибор *движение преобразует для глаза в неподвижность.* Расположим теперь под щелями картинки, изображающие фазы какого-нибудь движения, например, дровосека, рубящего дрова, или человека, размахивающего руками (черт. 103), и, повернув этот диск картинами к зеркалу, опять будем смотреть на изображение через щель. Тогда, благодаря памяти зрения, будет казаться, что фигурка движется.



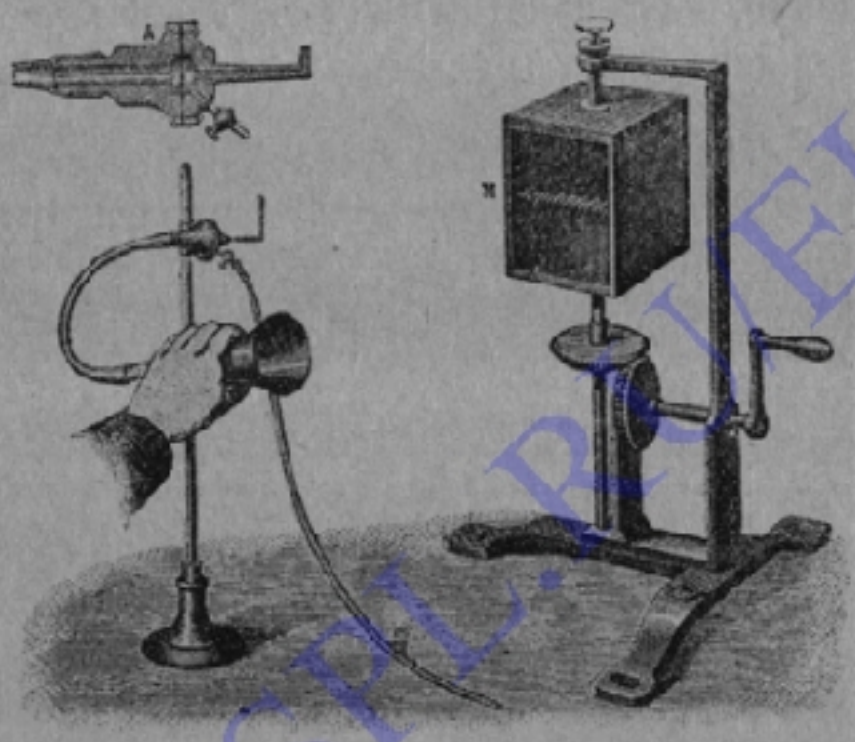
Черт. 103. Фантаскоп Плато.

Таким образом прибор *дает для глаза впечатление движения фигурки.*

Подобные же явления, но интересные еще в другом отношении, можно получить при помощи того же фантоскопа, но с рисунками на диске не фигурок, а спиц. Пусть на диске имеется 7 щелей и 8 спиц. Повернем диск картинкой к зеркалу, будем его быстро вращать и наблюдать через щель за отражением его в зеркале. При этом мы увидим, что спицы медленно вращаются в том же направлении, что и диск, потому что наш глаз, видевший спицу 1-ю сквозь прорезанную над ней щель, через $^1/_7$ часть полного оборота диска, т.-е. сквозь следующее отверстие, увидит спицу 2-ю, которая немного смещена

[1]) Прибор этот носит также название: *колесо жизни, стробоскоп, фенакистоскоп, фантастоскоп.* Прибор этот был описан Плато в своей диссертации «Sur quelques propriétés des impressions, produites par la lumière» (Liége. 1829).

вправо по отношению к этой 2-й щели. Кажется же, что переместилась вправо та же самая 1-я спица. Третья спица, по отношению к 3-й щели будет смещена еще более и т. д. Теперь вообразим иные условия. Пусть имеется 9 щелей и 8 спиц. Когда диск вращается в направлении по часовой стрелке, то при рассматривании через щель отражения в зеркале вращающегося диска будет казаться, что спицы вращаются в обратном направлении. Объясняется это тем, что здесь нарисованные спицы смещены по отношению к отверстиям справа налево, а потому и получается впечатление, что они движутся в этом



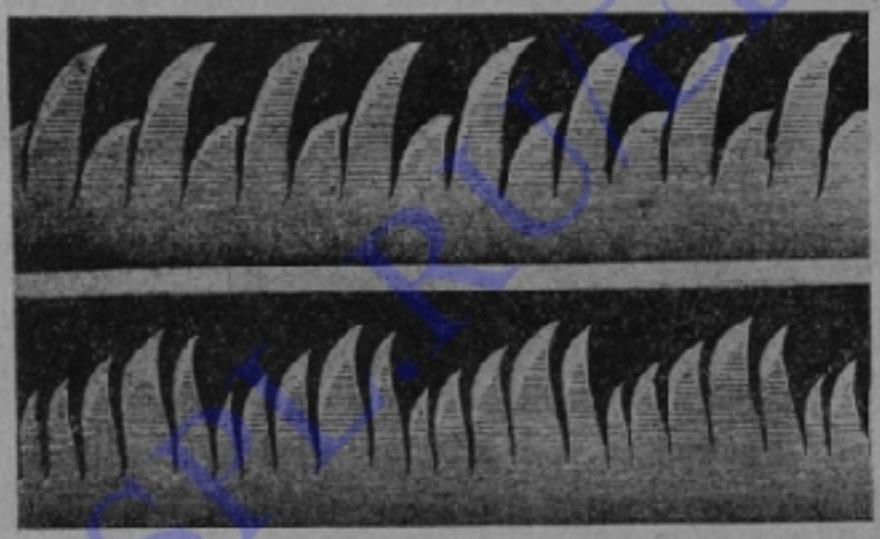
Черт. 104. Прибор Кенига.

направлении; наконец, если бы число спиц равнялось числу щелей, то спицы казались бы в зеркале неподвижными.

К этому явлению мы еще вернемся, когда будем рассматривать изображение движения колес на экране.

II/2. *Прибор Кенига.* Способ Кенига относится к наблюдению и анализу звуков, и состоит в сообщении движения звуковых волн пламени газовых рожков, которое своими миганиями чрезвычайно рельефно характеризует действующий на него звук. Для этого металлическая коробка A, представленная на черт. 104 в поперечном разрезе, делится тонкой каучуковой перепонкой на две части, из которых правая снабжена рожком или горелкой и газопроводной трубкой с краном внизу, левая же составляет

цилиндрический канал с каучуковой трубкой, идущей из угла органной трубы или же оканчивающейся раструбом, перед отверстием которого поется та или другая нота. Здесь представлено именно это последнее расположение. Когда волны проникают через раструб и трубку в коробку А, то перепонка ее, уступая сгущениям и разрежениям волн, приходит в дрожание, вследствие чего светильный газ, заключенный в правой ее половине, также испытывает ряд сокращений и расширений, а вместе с тем начинает быстро мигать и самое пламя, то удлиняясь, то укорачиваясь в своей высоте. Однако, эти мигания, при непосредственном наблюдении, мало заметны. Чтобы сделать их более чувствительными для глаза и отделить их друг от друга, можно

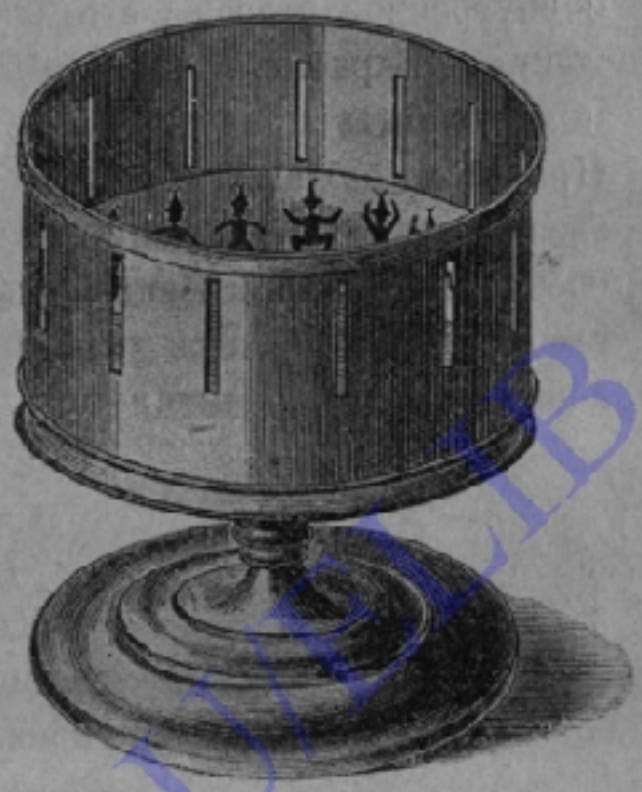


Черт. 105. Огни Кенига.

применить два способа: 1) рассматривать их в щель быстро вращающегося диска или, 2) рассматривать их при помощи следующего прибора. Перед огоньками ставят четырехгранное зеркало М, которое приводится во вращение при помощи рукоятки и двух конических зубчатых колес. Тогда, если коробка будет приведена в сообщение с звучащей трубой, издающей основной тон, то отражение языков пламени в движущемся зеркале примет один вид, а октава этого звука — другой. Если в коробку входят одновременно волны того и другого звука, то изображение получает вид черт. 105 (вверху); но при этом необходимо, чтобы трубка, идущая из коробка А, соединялась проводом, имеющим форму

буквы Т, с двумя звучащими трубами, издающими одна—основной тон, а другая — его октаву. Соединение основного звука с его терцией дает ряд язычков, представленных на черт. 105, внизу.

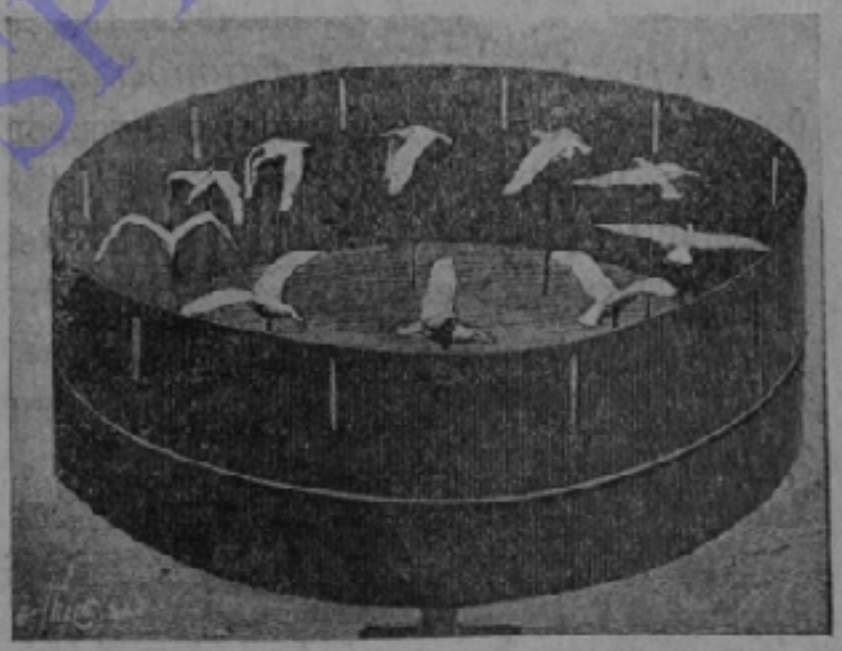
III/1. *Волшебный барабан Горнера.* Этот прибор, изобретенный Горнером (Horner) в 1833 году и называемый также *зоотропом*, *дедалеумом*, *стродоскопом* или *стробоскопом*, состоит из барабана (черт. 106) со щелями, расположенными параллельно его оси.



Черт. 106. Волшебный барабан Горнера.

Внутри барабана под щелями располагается бумажная полоска с картинками, изображающими фазы какого-нибудь движения. Если привести барабан в быстрое вращение и смотреть на картинки через щели, то получится впечатление движения. Преимущество этого прибора перед ранее описанными заключается в том, что здесь щели и картинки движутся в противоположные стороны, благодаря чему получается более быстрая смена картин и этим уменьшается мигание.

III/2. *Рельефный стробоскоп Марея* (черт. 107) построен по тому же принципу. В нем лишь плоские картинки заменены чучелами птицы, изображающими последовательные фазы движения ее крыльев во время полета. Чучела вращаются вместе с барабаном.



Черт. 107. Рельефный стробоскоп Марея.

III/3. *Праксиноскоп Рено* (Reynaud), изобретенный последним в 1877 году, состоит из многогранного призматического зеркала S (черт. 108), вокруг которого, на многогранном барабане, с внутренней стороны его, расположены картинки с фазами движения. Барабан и зеркало неподвижно соединены друг с другом и могут быть приводимы в быстрое вращение вокруг общей оси. При этом наблюдатель будет видеть в соответствующем его точке зрения зеркале движения изображенной фигуры. В праксиноскопе выступает особенное свойство: каждое видимое в зеркале изображение кажется неподвижным в пространстве и в следующее мгновение заменяется другим, тоже неподвижным. В этом отношении праксиноскоп подобен оптически неподвижному кинематографу.

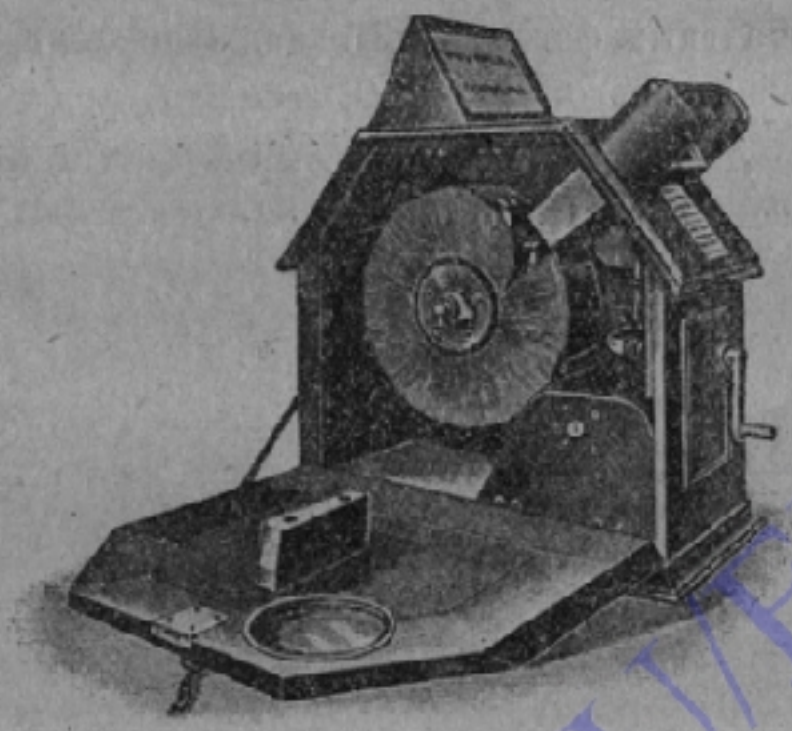
Черт. 108. Праксиноскоп Рено.

III/4. *Стробоскоп Аншютца* (Anschütz). В этом приборе применяются диапозитивные (на стекле) картинки, укрепленные на быстро вращающемся круге. Зритель смотрит на картинки через особое отверстие. Как только картинка появляется против отверстия, она освещается вспышкой Гейслеровой трубки. Быстрое чередование картинок и давало впечатление движения.

IV/1. *Карманный фантоскоп.* Появление подобных приборов относится к 1866 г. Фантоскоп состоит из книжки, на каждом листке которой с одной стороны изображены последовательные фазы какого-нибудь движения, например бег лошади или ходьба человека. Листики эти скреплены в корешке книги. Если, немного согнув книжку и зажав ее страницы двумя пальцами, быстро выпускать одну страницу за другой, чтобы картинки появлялись перед глазами, то и получится впечатление движения.

IV/2. *Простой мутоскоп* (черт. 109) основан на том же принципе. Картинки укреплены по поверхности вращающегося барабана и отгибаются особой гибкой пластинкой, которая их выпускает, при вращении барабана, одну за другой. Освещение картинок достигается через окно, расположенное сверху прибора. Рассматриваются же картинки через увеличительное стекло.

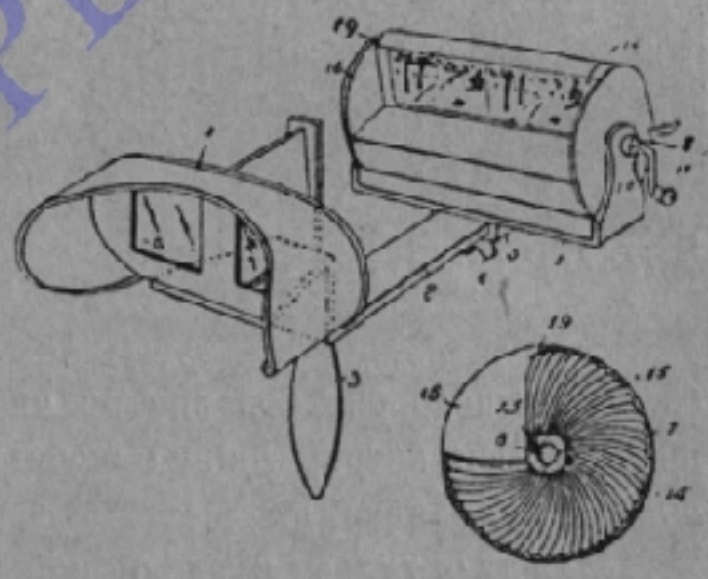
IV/3. *Стереоскопический мутоскоп* изображен на черт. 110. Устройство его аналогично таковому же в простом мутоскопе. Здесь лишь перед глазами проходит не один ряд, а два ряда



Черт. 109. Простой мутоскоп.

картин, снятых стереоскопически, и рассматриваются они через две линзы. При этом получается впечатление пространственного изображения.

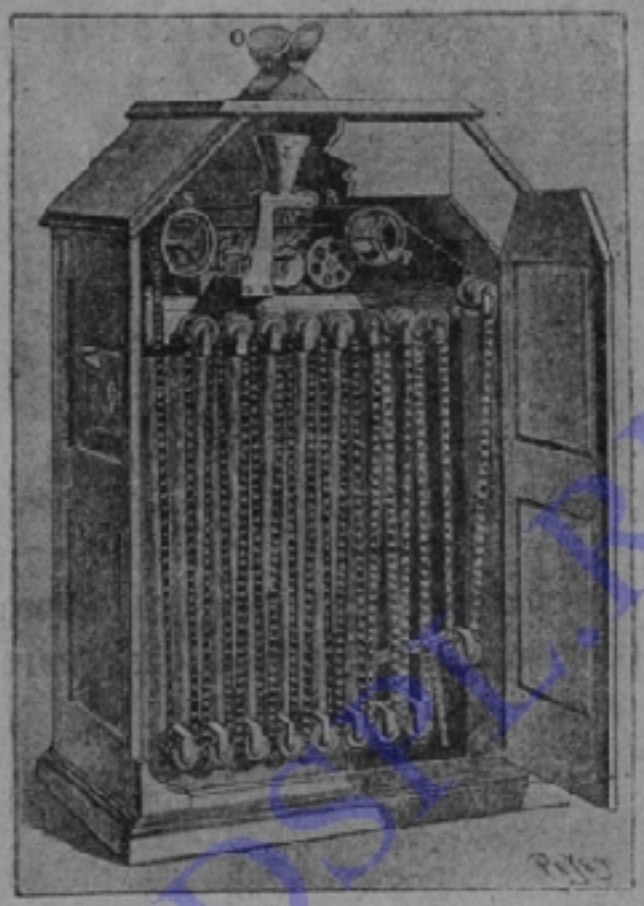
IV/4. *Ленточный мутоскоп.* Если желательно изобразить более продолжительное движение, для чего надо большее число картин, то их укрепляют уже не по поверхности цилиндра, а вдоль гибкой ленты. Последняя огибает цилиндр, который, вращаясь, приводит ее в движение. Далее лента скользит по столику, где картинки выпрямляются и задерживаются на мгновение выступом верхней планки. В момент появления картинки у выступа она рассматривается через линзу. Освещение производится лампой.



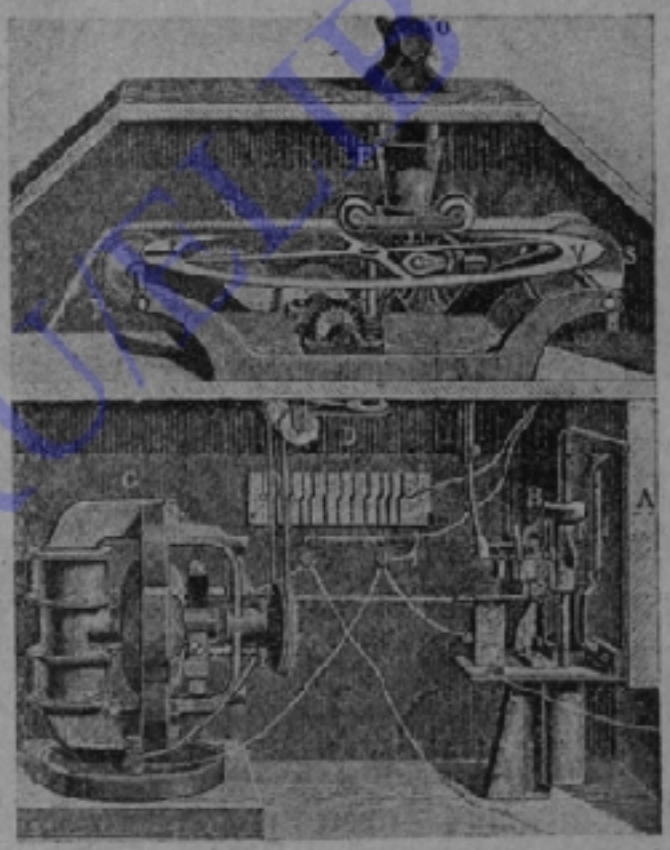
Черт. 110. Стереоскопический мутоскоп.

RUELIB

V/1. *Кинетоскоп Эдиссона* (черт. 111 — 113) был изобретен около 1890 г. Устройство этого прибора заключается в следующем: в светонепроницаемом ящике (черт. 111) помещалась бесконечная целлулоидная лента длиною около 10 метр. с целым рядом моментальных фотографий с движущихся предметов. Всего на ленте помещалось около 1440 снимков, при чем в каждую секунду приходилось по 48 снимков, и вся лента проходила перед глазами зрителя в 30 сек. Для экономии места лента обегала



Черт. 111. Внутренний вид кинетоскопа Эдиссона.



Черт. 112. Деталь кинетоскопа Эдиссона.

большое число роликов внутри ящика и затем проходила между помещенным вверху ящика окуляром O (черт. 111 и 112) и лампочкой накаливания.

Между окуляром и лентой помещался черный диск V (черт. 112) со щелью F. Диск вращался со скоростью 48 оборотов в секунду. Роль этого диска состояла в том, чтобы освещать движущуюся фотографию на ленте лишь на короткое мгновение (около $\frac{1}{7000}$ сек.), а во все остальное время скрывать движение ее от глаз.

Прибор этот, при всех своих достоинствах, все же обладал рядом недостатков. Так как движение ленты совершалось непрерывно, а окуляр и глаз зрителя были неподвижны, то, для сохранения резкости контуров, приходилось каждую отдельную картинку освещать лишь на весьма короткий промежуток времени; а это обстоятельство заставляло пропускать в секунду много снимков, и все-таки освещенность картины была мала [1]).

Примечание. Следует упомянуть, что в журнале «Optical Magic Lantern» за ноябрь 1889 г. указывается, что подобный эдиссоновскому прибор был построен в октябре того же года Фризе-Грином (Friese-Green).

Черт. 113. Внешний вид кинетоскопа Эдиссона.

VI/1. *Стробоскоп Ухациуса.* Австрийский офицер Франц Ухациус (Franz Freiherr von Uchatius, 1811 — 1881), повидимому, был первым, кто показал движущиеся картины на экране. Прибор его состоял в следующем. Имелся ряд труб с линзами, при чем оси всех труб пересекались в одной и той же точке на экране. В каждую трубку был вставлен диапозитив, изображающий известную фазу движения. Сзади труб быстро вращалась лампа друммондова света и отбрасывала последовательные изображения картин на экране. Такой аппарат был впервые демонстрирован Ухациусом в Вене 4 апреля 1853 года.

VII/1. *Волшебный барабан Ухациуса.* Вскоре аппарат Ухациуса был усовершенствован в том смысле, что лампа и одна трубка с линзой оставались неподвижными, а двигался барабан с диапозитивами, при чем сначала картинки рисовались, а потом,

[1]) Позднее Эдиссоном был построен кинопроектор, приближающийся к современным кинематографическим аппаратам и названный им также кинетоскопом.

с 1857 г., по инициативе Плато, применялись фотографические изображения.

Черт. 114. Ухацпус (1811—1881).

VII/2. *Праксиноскоп Рено* (Reynaud). На черт. 115 изображен прибор Рено, названный им праксиноскопом (1882 г.). При помощи этого прибора проектируется на экране ряд картин в последовательном порядке, и получается впечатление движения. Прибор этот относится к типу диссольверов и состоит из двух главных частей: лампы и вращающегося барабана. К лампе приспособлен волшебный фонарь, который, при помощи неподвижного диапозитива, отбрасывает на экран какой-нибудь пейзаж или вид комнаты. Вращающийся же барабан состоит из системы зеркал, образующих усеченную пирамиду, обращенную вершиной вниз. Вокруг зеркал идет многогранный барабан (стенка), составленный из диапозитивов, изображающих фазы движения. При вращении всей системы — лампа, при помощи особого отражателя, бросает пучок света на диапозитив, который в этот момент находится на пути лучей света. Далее, свет, отразившись от соответствующей грани зеркала и пройдя через линзу, отбросит соответствующую фазу движения на экран.

Черт. 115. Праксиноскоп Рено.

VIII/1. *Колесо жизни Ухациуса.* Этот прибор был изобретен Ухациусом в 1845 году и позволял проектировать движение на экран. Главную часть аппарата составляют два диска: один диск с прозрачными картинками, изображающими фазы движения, другой диск — со щелями. Оба диска укреплены на общей оси, которую можно вращать при помощи ручки. Линза собирает лучи света и отбрасывает их через картинку и щель в объектив и далее на экран.

VIII/2. *Хорейтоскоп* (показатель танцев) *Мольтени* (Molteni) и *Гюгюэса* (Hugues). В этом приборе картинки (6) помещались на прозрачном диске. Другой непрозрачный диск (обтюратор) имел одну трапецевидную щель и вращался в сторону, обратную той, в которую вращались картинки. Обтюратор делал один оборот в то время, когда диск с картинками делал $^1/_6$ оборота. Диск с картинками был соединен с зубчатым колесом с 6-ю зубцами формы мальтийского креста. Последнее же вращалось прерывисто при помощи пальца, приводимого во вращение передачей от руки. Хорейтоскоп был изобретен в 1882 году.

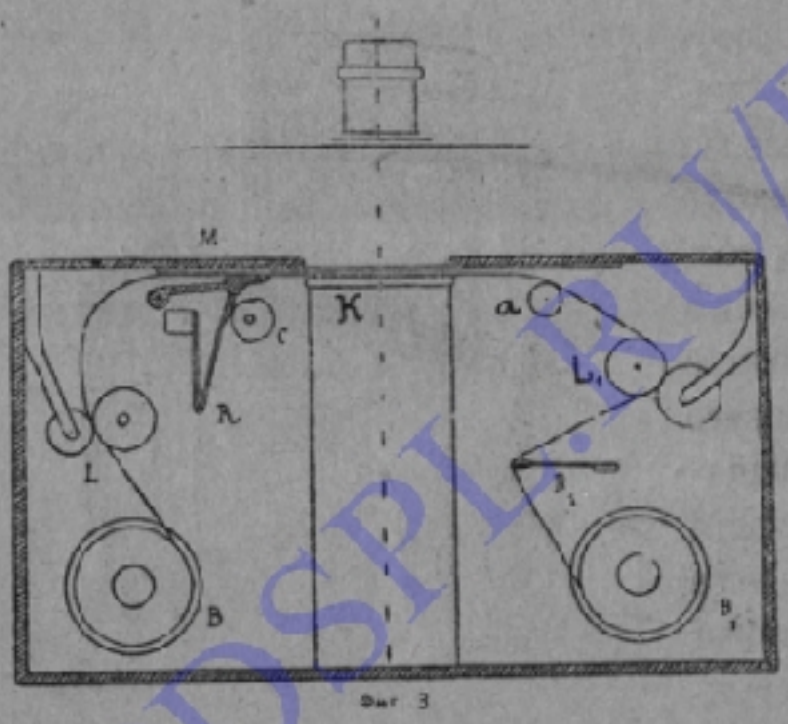
Черт. 116. Фоноскоп Демени.

VIII/3. *Тахископ и электротахископ Аншютца.* Первый прибор был построен Аншютцем в 1887 году. Идея устройства тахископа следующая: на прозрачном диске располагался ряд диапозитивов с фазами движения. Диск быстро вращался перед стенкой ящика, имевшего лишь одно отверстие того же размера, что и диапозитив. Каждый раз, когда диапозитив становился перед отверстием, он освещался вспышкой гейслеровской трубки; при этом картинка отбрасывалась на экран. Позднее Аншютц переделал прибор и назвал его электротахископом (в 1890 г.). В нем вместо вращающегося диска был устроен вращающийся барабан.

VIII/4. *Фоноскоп Демени* (Demeny). В 1892 г. французский изобретатель Демени построил прибор, позволяющий проек-

тировать фазы движения на экран (черт. 116). С какого - нибудь движущегося предмета делали ряд снимков, которые в виде диапозитивов помещали на диск А, вращаемый ручкой М. При вращении диапозитивы последовательно попадали на путь световых лучей от фонаря L. Изображения, при помощи объектива О, отбрасывались на экран. На черт. 60 показан ряд снимков с лица человека, произносящего фразу «Je vous aime» (я вас люблю). Подобные снимки и проектировались фоноскопом.

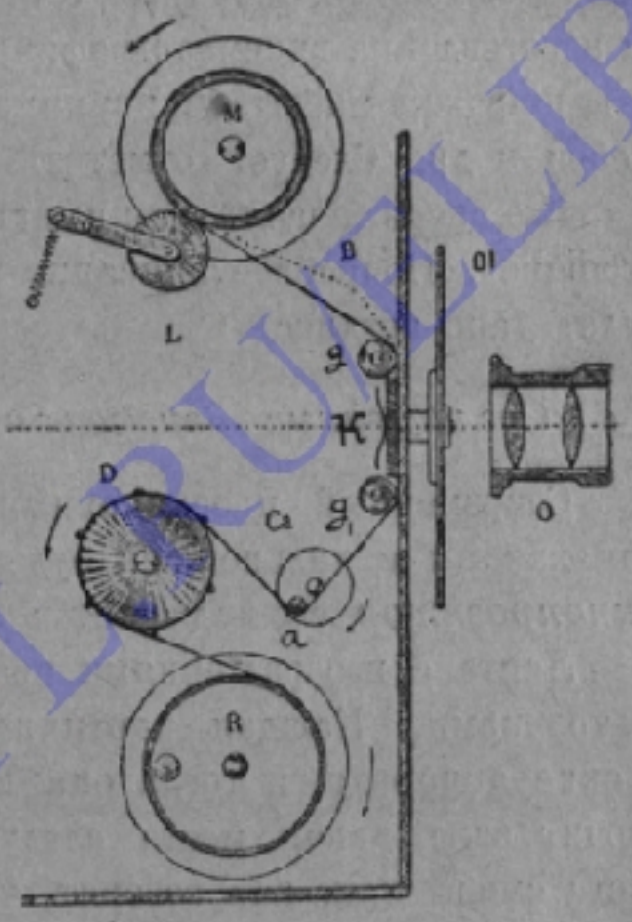
IX/1. *Хорейтоскоп Гюгюэса* (Hygues). В 1882 году Гюгюэс изобрел аппарат для проектирования фаз движения. В этом аппарате диапозитивы помещались на стеклянной прямой полосе, которая передвигалась между источником света и объективом толчками, останавливаясь в то время, когда диапозитив располагался на пути лучей в объектив. Подобное прерывистое движение достигалось при помощи зубчатой рейки (кремальеры), скрепленной со стеклянной полосой зубчатого колеса, сцепляющегося с кремальерой, и однозубого колеса. Последнее, вращаясь равномерно, за один оборот повертывало толчком зубчатое колесо на часть оборота, а это, в свою очередь, порывисто передвигало кремальеру и диапозитивы на длину одной картинки. Во время передвижки картины та же передача повертывала заслонку-обтюратор и закрывала объектив, чтобы глаз не испытывал неприятного впечатления мигания.



Черт. 117. Аппарат Марея.

IX/2. *Аппарат Марея* (Marey). Еще в 1888 году Марей применял для съемки быстрых движений чувствительные негативные бумажные ленты. Когда же появилась пленка и лента и можно было получать на ленте ряд прозрачных позитивных снимков, Марей (в 1893 году) применил ранее построенный им

съемочный аппарат и для проектирования прозрачных картин целлулоидной ленты. В его аппарате (черт. 117) лента движется следующим образом [1]). Она сматывается с ролика B барабаном L и дальше идет мимо окна K. Затем мимо направляющего ролика (a) она подходит к барабану L_1 и, огибая толкач R_1, наматывается на барабан B_1. В месте M лента может прижиматься к доске при помощи пружины R, на которую может нажимать фигурный эксцентрик C. Толкач R_1 периодически продергивает ленту мимо окна K, при чем во время продергивания эксцентрик C отпускает пружину R и лента свободно может проскакивать. Во время же остановки ленты она прочно задерживается пружиной R, на которую в это время давит эксцентрик C. Перед окном K помещается лампа, которая при помощи объектива бросает изображение на экран.



Черт. 118. Аппарат Демени.

IX/3. *Аппарат Демени.* В 1893 году Демени строит новый проектирующий аппарат по тому же принципу, что и Марей. Устройство этого аппарата следующее (черт. 118): с ролика M лента спускается, прижимаясь к M роликом L, и, огибая направляющий ролик (g), идет мимо окна K. Далее, огибая ролик g_1, идет через палец (a) диска Ca. Далее, своей перфорацией она попадает на зубцы вращающегося барабана D и, наконец, наматывается на ролик R. Главную часть механизма представляет диск Ca с пальцем a. При одном повороте диска палец, упираясь в ленту, продергивает ленту в окне на длину одного снимка. Во избежание толчков и разрыва ленты, последняя

[1]) Объяснение это приводится нами по догадке. Чертеж заимствован из соч. Алейникова и Ермольева — «Кинематография», 1916 г., стр. 28. Однако, там ясного объяснения чертежа не дано. Описания же, составленного самим Мареем, нам найти не удалось.

должна сверху подходить к окну со слабиной B. Передача, вращающая барабан D, диск Ca и ролики M и R, должна быть спроектирована так, чтобы лента не натягивалась чрезмерно.

IX/4. *Аппараты Люмьера, Патэ, Гомон и др.* После работ Марея, Демени и др. принцип проектирования картин на экран при помощи целлулоидной ленты был установлен. Осталось выработать практичный кинопроектор и снять соответственные сюжеты для ленты. И вот в 1894 году братья Люмьер в Париже строят свой аппарат, при чем применяют для прерывистого движения вилочный механизм (см. дальше). После братьев Люмьер за изготовление кинематографических аппаратов фабричным путем и в широком масштабе принимаются братья Патэ, фирма Гомон, Дебри и др. Следует отметить 1900 год, когда братья Патэ в Париже впервые поставили в кинематографе цельную пьесу «L'enfant prodigue». Подробное описание кинопроектора современного типа будет дано позднее.

d) Согласование движения ленты и обтюратора [1]).

Современный проекционный кинематографический аппарат, или как мы в дальнейшем будем его для краткости называть, *кинопроектор* принадлежит к стробоскопическим аппаратам.

Лента с изображениями проходит в аппарате не равномерно, а толчками. Каждая картинка, то на мгновение остановится в окне аппарата, и тогда она проектируется на экран, то перескочит вниз, давая место следующей. При сильном источнике света смена или, как говорят, *частота смены* картинок может вызывать в глазу впечатление мигания картины.

Рассмотрим теперь те законы, которые были найдены различными исследователями, работавшими над выяснением зависимости между быстротою движения ленты и другими факторами.

1. *Частота смены картинок должна возрастать с увеличением силы света,* т.-е. чем сильнее свет, проектирующий картинку на экран, тем быстрее должны меняться картины, чтобы глаз получил впечатление непрерывности движения.

Портер (Porter) выразил эту зависимость следующим законом.

---

[1]) Заимствовано из книги H. Lehmann «Die Kinematographie», Leipzig. 1911. S. 25.

2. *Частота смены (n) прямо пропорциональна логарифму силы света Г.*

Портер выразил результаты своих опытов следующей таблицей:

ТАБЛИЦА VII.

$10+\log^{10} J.$	J в английских свечеметрах. (люксах).	Частота смен.		Разность
		n_b наблюденная.	n_r вычисленная.	$n_r - n_b$.
8,78	0,06	17,75	17,75	0.00
9,04	0,11	18,08	18,06	— 0,02
9,40	0,25	18,50	18,50	0,00
10,00	1,00	25,08	26,21	+ 1,13
10,19	1,56	28,00	28,56	+ 0,56
10,44	2,78	32,00	31,58	— 0,42
10,60	4,00	33,50	33,50	0,00
10,80	6,25	35,50	35,85	+ 0,35
11,40	25,00	42,66	43,14	+ 0,48
12,00	100,00	50,83	50,42	— 0,41
12,25	177,78	55,08	53,44	— 1,64
12,60	400,00	56,42	57,71	+ 1,29
13,20	1600,00	65,00	65,00	0,00
13,81	6400,00	71,00	72,29	+ 1,29

Примечание. Приводим табличку сравнения различных единиц силы света:

1. *Децимальная свеча* = $^1/_{20}$ силы света нормального эталона (образца) Violle'a. Последний предложил для измерения силы света тот свет, который испускается одним квадратным сантиметром поверхности расплавленной платины при температуре ее затвердевания, т.-е. 1775° С., при чем свет испускается по направлению нормали к поверхности платины.

2. *Немецкая нормальная парафиновая свеча* = 1,06 децимальной свечи. Толщина свечи 2 м., высота пламени 5 м., сгорание парафина в час 7,7 грамма. Светильня состоит из шнурка, скрученного из 25 бумажных ниток. Один метр светильни весит 0,868 грамма. Длина свечи 314 мм., вес ее 83,6 гр. Температура плавления парафина — 55° С.

3. *Карсель* (во Франции) есть сила света, доставляемого одной лампой карселя, сжигающей 42 грамма сурепного масла в час. Высота пламени 35 мм.; ширина 15 мм.; 2,08 карселя = эталону Violle'a=20 децимальным свечам.

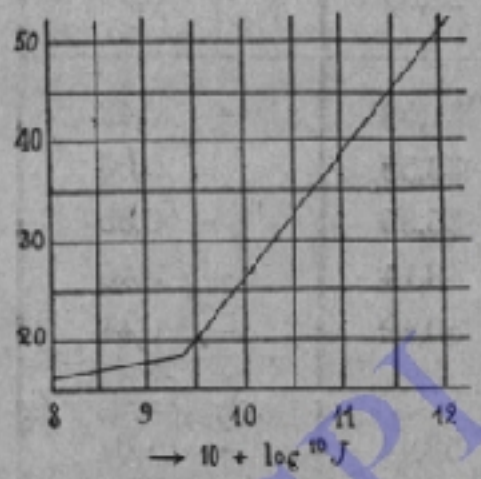
4. *Английская свеча* есть спермацетовая свеча диаметром 22 мм., сжигающая 120 граммов в час при пламени в 45 мм.; 15,392 этих свечей = = эталону Violle'a, или = 20 децимальным свечам.

Леман (H. Lehmann) выразил эту таблицу двумя уравнениями:

$$n = 1{,}246 \lg^{10} J + 19{,}25 \ldots\ldots\ldots (1)$$
$$n = 12{,}105 \lg^{10} J + 26{,}21 \ldots\ldots\ldots (2)$$

Уравнение (1) составлено для n от 0 до $^1/_4$ свечи и (2) — от $^1/_4$ до 6400 свечей. Разница в значениях n, получаемых по этим формулам и из таблицы, невелика, как это видно из пятого столбца таблицы.

Таблицу VII Леман выразил ввиде графика (черт. 119), где уравнениям (1) и (2) соответствуют прямые, пересекающиеся под углом. Левая прямая соответствует уравнению (1), а правая — (2).



Черт. 119. Зависимость частоты смен картин от силы света.

По оси абсцисс отложены $10 + \log^{10} J$, а по оси ординат частота смены картин (число их в секунду). Таким образом при малой силе света достаточно меньше смен картин в минуту, т.-е. способность различать смену картин у сетчатой оболочки нашего глаза меньше при слабой силе света, нежели при большой силе света. Как известно, воспринимают действие света так называемые палочки и колбочки, находящиеся в сетчатой оболочке глаза. Палочки возбуждаются лишь при слабой силе света, колбочки же — при большой. Вершина угла между прямыми и соответствует той силе света, при которой перестают возбуждаться палочки и начинается возбуждение колбочек. Леман на основании своих опытов в применении к кинематографу, получил выраженную в следующей таблице зависимость между: 1) увеличением картины на экране; 2) силою тока в амперах; 3) освещенностью картины в свечеметрах (английских) и 4) частотою смены (n) картин в секунду.

Увеличение (линейное) в 224 раза достигалось специальным объективом Тессар Цейса со светосилой 1 : 3,5 и с фокусным расстоянием f = 50 мм.

ТАБЛИЦА VIII.

Увеличение.	Сила тока в амперах.	Сила освещенности в свечеметр.	n по вычислениям.	Примечания.
В 224 раза.	30	31	44,3	Размеры картинки на ленте:
Размер картины на экране:	35	36	45,1	18 × 24 мм.
	43	45	46,2	Диаметры углей 20/25 мм.
5,38 × 4,03 кв. м.	52	61	47,8	
В 151 раз.	30	77	49,1	
Размер картины на экране:	40	113	51,1	
	48	176	58,4	
3,62 × 2,72 кв. м.	55	194	53,9	

Увеличение в 150 раз достигалось с Тессаром 1:3,5 и с f = 75 мм. Картина с увеличением в 224 раза покрывала площадь экрана в 22 кв. метр.

Исходя из гигиенических соображений, следует принять нормальную освещенность в 50 свечеметров, которой из таблицы соответствует сила тока в 45 ампер, а по уравнению (2) частота смены картин в 46,8 в секунду.

При меньшем увеличении такая же частота смены достигается при силе света значительно меньшей, около 25 амперов.

В кинематографии наименьшая освещенность принимается в 10 свечеметров, каковой соответствует частота смены картин около 38 в секунду; вообще же частота смены картин при освещенности от 10 до 200 свечеметров должна изменяться от 38 до 54 в секунду.

Однако, в большинстве современных кинопроекторов частота смены картин колеблется в пределах 15 — 25 в секунду и при этом глаз не ощущает мигания. Это объясняется тем, что мигание зависит не только от силы света и от частоты смены, но и от

других факторов, например, от способности глаза зрителя *приспособляться к темноте.* Принимается, что глаз совершенно приспособился к темноте, если он, по крайней мере, находился в ней 20 минут. Чем больше глаз приспособился к темноте, тем деятельнее делаются палочки его сетчатой оболочки и тем правее отодвигается точка пересечения прямых на диаграмме 119. Поэтому, при лучшей приспособленности глаза к темноте, т.-е. при хорошо затемненном зале, мелькание картин будет меньше. Уменьшение мигания достигается еще и другим способом, именно добавочной сменой света и темноты на экране за время смены одной картины при условии сохранения средней общей освещенности картины за время этой смены. Для этого, как уже было сказано раньше, устраиваются особые заслонки, называемые *обтюраторами,* движение которых согласовано с движением ленты. Обтюратор состоит из круглого диска с секторообразными прорезами. Он вращается вокруг оси, параллельной оптической оси кинопроектора и расположенной сбоку объектива.

Интересные исследования над работой обтюратора произвел профессор Карл Марб (Marbe) [1]). Он делал обтюраторы с разным отношением площади темного сектора к площади секториального вырезка и наблюдал частоту смены картин (n), при которой не замечалось мигания. Результаты опытов его приведены в следующей таблице:

ТАБЛИЦА IX.

Относительная продолжительность:		Продолжительность периода в $^1/_{1000}$ сек.	Частота смены картин в сек. n.	Относительная частота смены картин (n').
Светового впечатления.	Затемнения.			
1	7	40	25,0	0,80
1	3	35,5	28,17	0,90
1	1	32	31,25	1,00
3	1	36,5	27,39	0,88
7	1	48	20,84	0,67

[1]) K. Marbe «Theorie der kinematographischen Projektionen». Leipzig. 1910.

Первые два столбца показывают отношение площадей светлого и темного секторов обтюратора. В третьем столбце дано время периода в $\frac{1}{1000}$ сек., за который мелькание перестает ощущаться. В четвертом столбце приведены результаты подсчетов Лемана частоты смены картин n, при которой исчезает мелькание. Марб не обращал, во время своих опытов, внимания на степень освещенности экрана. Леман исправляет это упущение, пользуясь формулой (2) (стр. 114). Для отношения площадей темного и светлого секторов 1 : 1, для какого случая и действительны данные Портера, нетрудно получить из формулы (2) и силу света:

$$\lg J = \frac{n - 26{,}21}{12{,}106};\ J = 2{,}6 \text{ свечеметров.}$$

Однако, на практике, сила света значительно превышает эту, и поэтому опыты следовало бы произвести при нормальной силе света, около 50 свечеметров, при разных отношениях площадей секторов обтюраторов. Этот пробел и был отчасти выполнен Леманом, который, основываясь на том, что при возрастающей силе света частота смены картин не сильно возрастает, предположил, что последняя не зависит от J. При таких условиях он для разных отношений площадей темного и светлого секторов вычислил соответствующие относительные частоты смены n', принимая $n' = 1$ для случая отношения секторов 1 : 1. Результаты приведены в 5 столбце вышеприведенной таблицы, из которой можно определить отношения секторов v (светлого: темному). Величину v можно приравнять к отношению времен освещения и затемнения при проектировании картинки, когда она стоит на экране и перескакивает. Таблица дает, при постоянной силе света, для любого v, тот множитель, на который надо умножить частоту смены картин, принимаемую при $v = 1$, чтобы получить удовлетворительную частоту смены при новом v.

Из таблицы следует, что самым неблагоприятным будет случай (при $v = 1$), когда время затемнения равно времени освещения. Для других случаев частота смены картин будет меньше. Для практики кинематографии пригодна лишь нижняя часть таблицы, т. - е. та, при которой время освещения больше вре-

мени затемнения. При этом возрастает средняя освещенность экрана.

Приводим здесь закон *Тальбота* (Talbot), относящийся к описанному явлению:

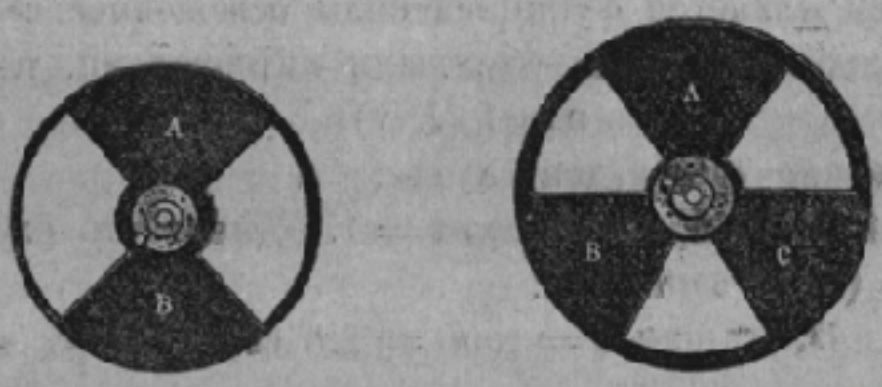
«*Если сетчатая оболочка глаза возбуждается периодически переменным и правильно чередующимся светом, причем продолжительность периода достаточно мала, то получается впечатление непрекращающегося света, сила которого равна тому, который получился бы, если бы весь свет, действующий за каждый период, равномерно бы распространился на все время этого периода (свет — тень).* При увеличении времени затемнения, конечно, уменьшится и средняя освещенность.

Рассмотрим, как применить вышеприведенные, выраженные в уравнениях, таблицах и диаграммах, результаты к практике кино-проектирования. Для нормальной освещенности экрана в 50 свечеметров мы имели частоту смены в секунду $n = 46{,}8$. На практике, исходя из условия прочности пленки и частей аппарата, допускают (n) не более 15—25 в секунду. Чтобы получить соответствующее время освещенности, делим 25 на 46,8, получаем 0,53 и для этого числа из таблиц VII и IX имеем $v = 10$, т.-е. время затемнения во время передвижки относится как 1 : 10. Однако, значение $v = 10$ на практике трудно достижимо по условиям предела прочности материала. Продолжительность перескока фильмы при этом достигает едва $^1/_{100}$ сек., что при торможении ее может вызвать разрыв. Поэтому практичнее выбрать $v =$ от 3 до 4. Для этой цели будем изменять не частоту смены картин, а частоту смены света и темноты при помощи регулирования площадей обтюратора. В последнем кроме одного большого темного сектора, закрывающего смену картины, устраивают еще один или несколько малых темных секторов.

По исследованию Марба, наилучший результат, т.-е. наименьшую частоту смены картин, дает такое устройство обтюратора, при котором секторы по величине и по положению равномерно расположены вокруг центра; при этом и центр тяжести лежит в центре круга.

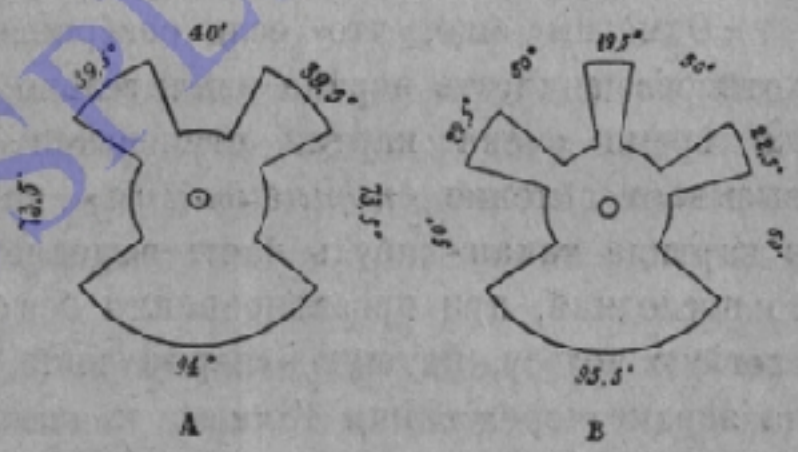
На черт. 120 показаны два типа обыкновенно применяемых обтюраторов: двукрылого и трехкрылого. Первый дает большую

освещенность экрана, но меньше устраняет мигание, второй же — дает меньшую освещенность, но лучше устраняет мигание. Один из секторов каждого обтюратора закрывает картину во время ее перескока, а остальные служат для уменьшения мигания.



Черт. 120. Типы нормальных обтюраторов.

Путем опыта Эрнеман и Лизеганг выработали разные типы обтюраторов. На черт. 121 A изображен обтюратор Эрнемана, при котором мерцание получается меньше, чем у модели Лизеганга (черт. 121, B), но за то эта последняя дает на 7% больше света, как это легко вычислить из суммы отверстий обтюратора. Большой сектор (с углом более 90°) служит для закрывания объектива в момент передвижения фильмы.



Черт. 121. Обтюраторы Эрнемана (A) и Лизеганга (B).

В новейших аппаратах почти исключительно применяют обтюраторы с тремя равными крыльями по 60° и открытыми секторами по 60°; такие обтюраторы дают минимум мерцания.

Примечание. Напомним, что обтюраторы съемочных аппаратов отличаются по конструкции от обтюраторов кинопроекторов, так как при съемке, в зависимости от быстроты движения и от освещенности снимаемых предметов приходится менять время экспозиции, регулируемое обтюратором;

в зависимости от этого обтюраторы съемочных аппаратов делаются с выдвижными секторами. Такое устройство позволяет изменять время экспозиции, не меняя числа оборотов ручки (2 — в секунду).

На основании вышеизложенного заключаем, что частота смены картин является функцией силы освещенности J и отношения v между светлыми и темными интервалами, т.-е.

$$n = f(J, v).$$

Здесь можно учесть два случая:

1) $n = f(J, v)$ при $v = \text{const} = 1$. Для этого служат уравнения (1) и (2) и черт. 119.

2) $n = f(J, v)$, при $J = \text{const} = 2{,}6$ свече-метра (таблица IX на стр. 116).

Предположим, что мы и раньше делали, что v не зависит J; тогда

$$n_{v=1} = F(J); \quad n^1 = \frac{n}{n_{v=1}} = f(v); \quad n = n_{v=1} \cdot f(v),$$

откуда:

$$n = F(J) \cdot f(v).$$

В этом уравнении F (J) определяется уравнениями (1) и (2) а f (v) диаграммой Lehmann'a (стр. 114).

Отметим еще, что если совершенно удалить обтюратор, то хотя освещенность экрана значительно увеличивается, но в то же время смена картин становится заметной для глаз, что вызывает явление *«потягивания»* картины. Кроме того, если в картине какая-нибудь часть выделяется своим светлым фоном, то последний, при проектировании без обтюратора, дает на экране светлую полосу, идущую сверху вниз. Наконец, при видимом на экране чередовании темных и светлых частей картины на экране появляется так называемый *дождь*.

Рассмотрим еще некоторые явления, имеющие связь с ранее описанными.

Пусть какой-нибудь предмет, например, палец или палка, движется перпендикулярно к своей длине, при прерывистом освещении гейслеровой трубки или дуговой лампы переменного тока.

Тогда, при не особенно быстром движении мы не заметим никакой разницы по сравнению с постоянным непрерывистым освещением. Это объясняется тем, что движущийся предмет

запечатлевает на сетчатой оболочке глаза, которая способна своими мускулами реагировать лишь на не особенно быстрые движения, серию картинок, следующих друг за другом непрерывной чередой наподобие кинематографической ленты. Однако, при известной скорости движения предмета эта непрерывность нарушается и предмет будет казаться *неподвижно стоящим* в пространстве, и кажется одновременно умноженным в числе.

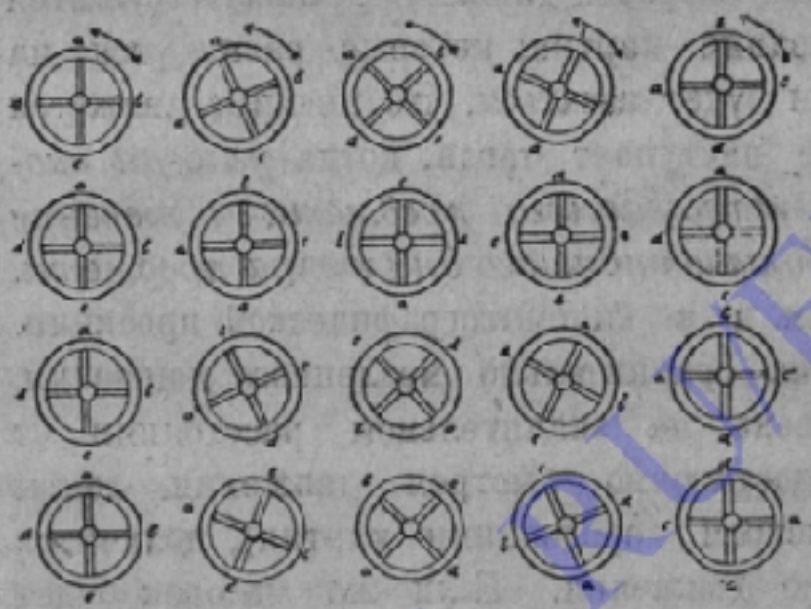
Если период прерывистого освещения будет достаточно удлинен, то, при известной скорости движения, также нарушится неразрывность в чередовании картин, которые распадутся на отдельные изображения, и будет казаться, что предмет движется *скачками*. Это явление наступает тогда, когда *угловая скорость движения рассматриваемого предмета в течение периода смены света больше видимого диаметра предмета*.

Этот закон применим и к кинематографической проекции. Пусть производится съемка сравнительно медленного движения, например, идущего человека на значительном расстоянии от аппарата. Тогда при достаточно быстром движении ленты (т.-е. при достаточно быстром чередовании картин), получится впечатление непрерывного движения. Если же человек будет двигаться близко перед аппаратом, то получится впечатление возвратного движения. Если при этом человек одет в светлое или в цветное платье, которое выделяется контрастно на заднем фоне, то впечатление кажущегося возвратного движения при недостаточно быстрой смене картин сопровождается неприятным впечатлением мелькания. При увеличении быстроты смены картин это мелькание устраняется, но зато, при известной скорости движения предмета, последнее принимает характер непрерывного, и предмет кажется умноженным в числе. При этом может наступить момент, когда движение будет казаться направленным в обратную сторону.

Наилучшим примером этого явления служит съемка колес движущегося экипажа.

При рассматривании колес на экране часто кажется, что они не вращаются, а скользят, или же вращаются в обратном направлении. Объясняется это следующим образом (черт. 122). Между двумя последовательными снимками колесо экипажа успеет повернуться на некоторый угол. Если колесо вращается медленно,

а смена картин происходит быстро, то на экране получится впечатление нормально вращающегося колеса (1-й ряд). При увеличении скорости вращения колеса может наступить случай, что за время смены картин последующая спица (в) займет место предыдущей (а) — (2-й ряд). Так как все спицы колеса одинаковы по форме и по величине, то на экране будет казаться, что, благодаря совпадению всех частей колеса, последнее находится в прежней фазе движения, т.-е. неподвижно.



Черт. 122. Движение колес.

Далее может наступить случай, что в период между двумя снимками колесо повернется точно на половину расстояния между двумя спицами.

В этом случае при небольшой быстроте смены картин будет казаться, что колесо качается влево и вправо на подобие маятника, или поворачивается только влево или только вправо. Все эти три возможные явления чисто субъективного характера и от воли зрителя зависит, какое из них он увидит. При значительной быстроте смены картин колесо опять покажется неподвижным, но уже будет казаться с удвоенным числом спиц. Число спиц может казаться увеличенным и больше чем вдвое, при кажущейся неподвижности колеса; это будет вообще тогда, когда при съемке каждой картинки какая-нибудь спица становится на место другой, иными словами, когда частота смены картин и скорость, с которой одна спица занимает место другой (т.-е. скорость вращения колеса), являются величинами соизмеримыми. Подобное явление кажущейся неподвижности колеса наступает при достаточной быстроте смены спиц и картин, т.-е. при большом числе спиц. Если же последнее условие не соблюдено, то условия соизмеримости и несоизмеримости не отличаются друг от друга, и колесо видно

вращающимся. В случае несоизмеримости при любой частоте смены картин будет видно движение колеса, независимо от воли зрителя. Направление вращения выясняется из следующих соображений. Вращение вперед будет казаться в том случае, если каждый раз изображение спицы будет располагаться впереди положения ее на предыдущей картине и около нее; вращение же назад будет казаться, если каждый раз изображение спицы будет располагаться сзади положения ее на предыдущей картине и около нее. Рассмотрим оба эти случая. Величина кажущейся угловой скорости вращения колеса определяется следующими соображениями: если изображение спицы располагается вблизи ее собственного предыдущего расположения на предыдущей картинке, то видимая угловая скорость вращения равна действительной скорости вращения колеса. Если же изображение спицы располагается вблизи изображения другой соседней спицы на предшествующей картине, то видимая угловая скорость будет казаться меньше действительной и тем меньше, чем ближе новое изображение к предыдущему. Уменьшение кажущейся угловой скорости по сравнению с действительной будет во всех случаях, когда в промежутке между двумя снятыми фазами колесо повернулось на величину большую расстоянию между двумя соседними спицами, и это уменьшение будет тем заметнее, чем на бо́льшую величину повернулось колесо по сравнению с расстоянием между спицами. При обратном вращении кажущаяся угловая скорость всегда меньше действительной.

При съемке экипаж не всегда движется с постоянной скоростью и потому часто можно видеть на экране все стадии вышеописанных явлений. Математически эти явления выражаются следующим образом:

обозначим видимую угловую скорость вращения колеса чрез g'
» действительную » » » » » g
» угол между изображением спицы и предшествующим ближайшим къ ней изображением . . . . . w'
» угол действительного поворота спицы за время двух снимков . . . . . w

между этими величинами имеет место следующее соотношение:

$$\frac{g}{g'} = \frac{w}{w'}\,;\; w \geq w'.$$

Далее пусть угол между соседними спицами равен a.

Тогда имеем следующее выражение всех возможных случаев:

1. $(2n-1)\frac{a}{2} > w > (2n-2)\frac{a}{2}$ } . . . . Движение вперед { для $n=1$ . . . $g'=+g$; » $n>1$ . . . $g'<+g$
2. » » $< w <$ » » } $n=1, 2, 3 \ldots$ . . . . Движение назад . . . . . $g'<+g$

В частности:

3. $w=n \cdot a$; $(n=1.\ 2,\ 3) \ldots$ { неподвижность колеса, кажущееся число спиц равно действительному. } $w'=0$, $g'=0$

4. $w=(2n-1)\frac{a}{2}$ { . . . . . { Неподвижность колеса при удвоенном числе спиц (при большой частоте смены картин). } $w'=0$, $g'=0$; $n=1, 2, 3 \ldots$ { Неустойчивое равновесие: качание или по воле зрителя движение вперед или назад (при достаточно малой частоте смены картин). } $w'=w$, $g'=\pm g$

5. $w=\left(m+\frac{1}{n}\right)a$ { $\begin{cases} m=0, 1, 2, 3 \ldots \\ n=3, 4, 5 \ldots \end{cases}$ { Неподвижность колеса при n-раз увеличенном числе спиц (при большой частоте смены картин). } $w'=0$, $g'=0$; { Движение (вращение) вперед (при малой частоте смены картин). } $w'=+\frac{a}{n}$, $g'=+g \cdot \frac{1}{mn+1}$

6. $w=\left(m-\frac{1}{n}\right)a$ { $\begin{cases} m=1, 2, 3 \ldots \\ n=3, 4, 5 \ldots \end{cases}$ { Неподвижность при n раз увеличенном числе спиц (при большой частоте смены картин). } $w'=0$, $g'=0$; { Обратное вращение (при малой частоте смены картин). } $w'=-\frac{a}{n}$, $g'=-g \cdot \frac{1}{mn-1}$

Вышеописанные явления попятного движения, а также неподвижности колеса, происходят благодаря тому, что мы отождествляем в одну в сущности разные спицы именно потому, что они одинаковы по форме и *близки* по положению. Здесь мы сталкиваемся с физиологическим явлением, именно, исследования над восприятием движения нашим зрением доказали, что наш глаз представляет движение всегда в кратчайшем направлении. *(Принцип кратчайшего пути.)* Например в 4-м ряду на черт. 121 изображены последовательные фазы движения колеса,

©2DSPL.RU/LIB

вертящегося со скоростью, немного превышающею скорость вращения колес первого ряда. Спица (в) подошла во второй фазе совсем близко к тому положению, в котором была прежде спица (а).

Согласно же принципу кратчайшего пути, кажется, что будто спица (а) заняла положение (в), т.-е. колесо вращается в обратном направлении.

Все ранее выведенные законы, касающиеся частоты смены картин, относятся к наблюдениям при обыкновенном белом свете. Для определения же частоты смены картин при окраске предметов в разные цвета дано Портером следующее правило: «частота смены пропорциональна степени яркости цветов спектра, определяемой кривой яркости» (черт. 85, кривая 1-я). Наибольшая частота должна быть для желтой окраски, частота эта уменьшается в обе стороны спектра к красному и фиолетовому цветам. Далее следует заметить, что при проектировании на экран окрашенных фильм мелькание менее ощущается, нежели при обыкновенных, не окрашенных фильмах. Это происходит потому, что белый свет ярче окрашенного. Наиболее благоприятным в смысле уменьшения мелькания являются: синевато-фиолетовый, затем синий, зеленый, темно-красный, зеленовато-желтый, оранжевый и, наконец, желтый.

§ 10. Современный кинопроектор.

а) Схема и общий вид.

Существует громадное разнообразие кинематографических проекционных аппаратов или, как мы будем в дальнейшем их называть, *кинопроекторов*. Однако, мы ограничимся описанием лишь общей схемы устройства современного кинопроектора и затем приведем изображения таковых аппаратов лишь наиболее распространенных систем.

Кинопроектором называется аппарат, при помощи которого на экране изображается движение предметов, изображенных на фильме в виде серии картин, представляющих последовательные фазы этого движения. Основными частями каждого кинопроектора являются следующие (черт. 119).

1. Волшебный фонарь E с лампой L и конденсатором K.

2. Рамка R с окном A. Мимо окна A проходят картины фильмы (Ф).

Фильма прижимается к рамке R другой рамкой R_1 при помощи пружин.

3) Объектив O.

4) Обтюратор B, вращающийся вокруг оси C.

5) Противопожарная заслонка M, помещаемая между рамкой и конденсатором. Назначение ее — предохранять фильму от воспламенения лампой при остановке ее движения. В момент остановки фильмы заслонка при помощи особого центробежного механизма автоматически опускается и закрывает конденсатор.

6) Верхний ролик J_1, на ось которого намотана фильма Ф.

7) Верхний зубчатый барабан F_1, вращающийся вокруг оси G_1, сматывающий фильму с ролика J_1 и подающий ее к окну A.

8) Прижимной ролик H_1, который прижимает фильму к барабану. Ролик этот нажимается при помощи пружины h_1, укрепленной на оси H_2.

9) Механизм прерывистого движения E, при помощи которого фильма толчками продергивается в окне. Существует много типов подобных механизмов: мальтийский крест, вилка, палец, толкач и т. п. На нашем чертеже изображен палец. Устройство его следующее: диск (Д) вращается вокруг оси d. К диску приделан палец E. При каждом обороте диска палец ударит фильму и вытянет ее на длину одной картинки из рамки.

10) Нижний зубчатый барабан F_3, убирающий фильму, вытянутую пальцем из окна.

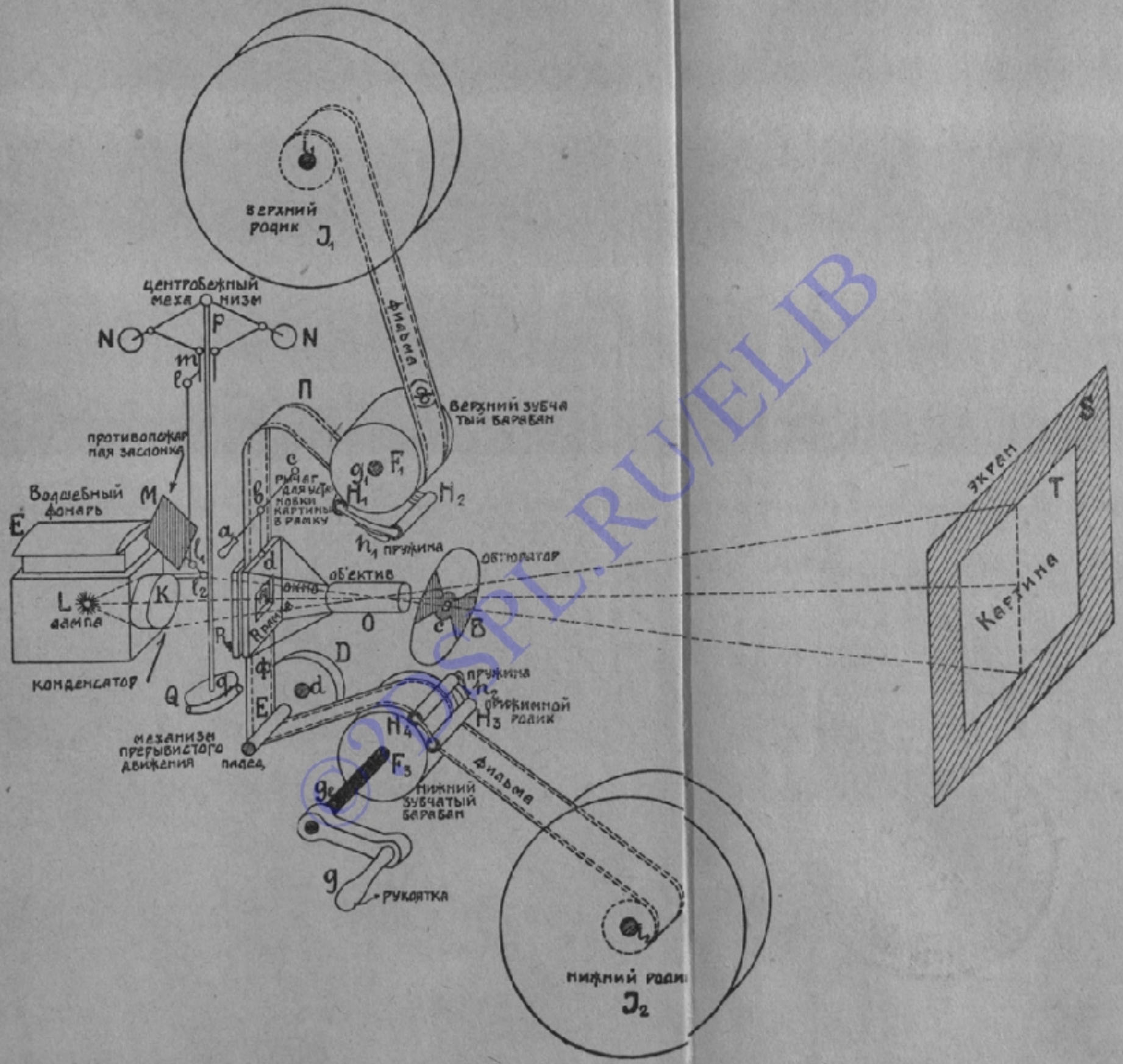
11) Прижимной ролик H_3, который прижимает фильму к барабану F_3 при помощи пружин h_2, укрепленных на оси H_4.

12) Рукоятка G, дающая движение всем механизмам. Рукоятка часто заменяется электрическим мотором.

13) Нижний ролик J_2, наматывающий фильму.

14) Наконец, экран S, на котором получается изображение T.

Рассмотрим теперь, как передается движение к различным частям механизма. Для этого обратимся к чертежам: 123 — где

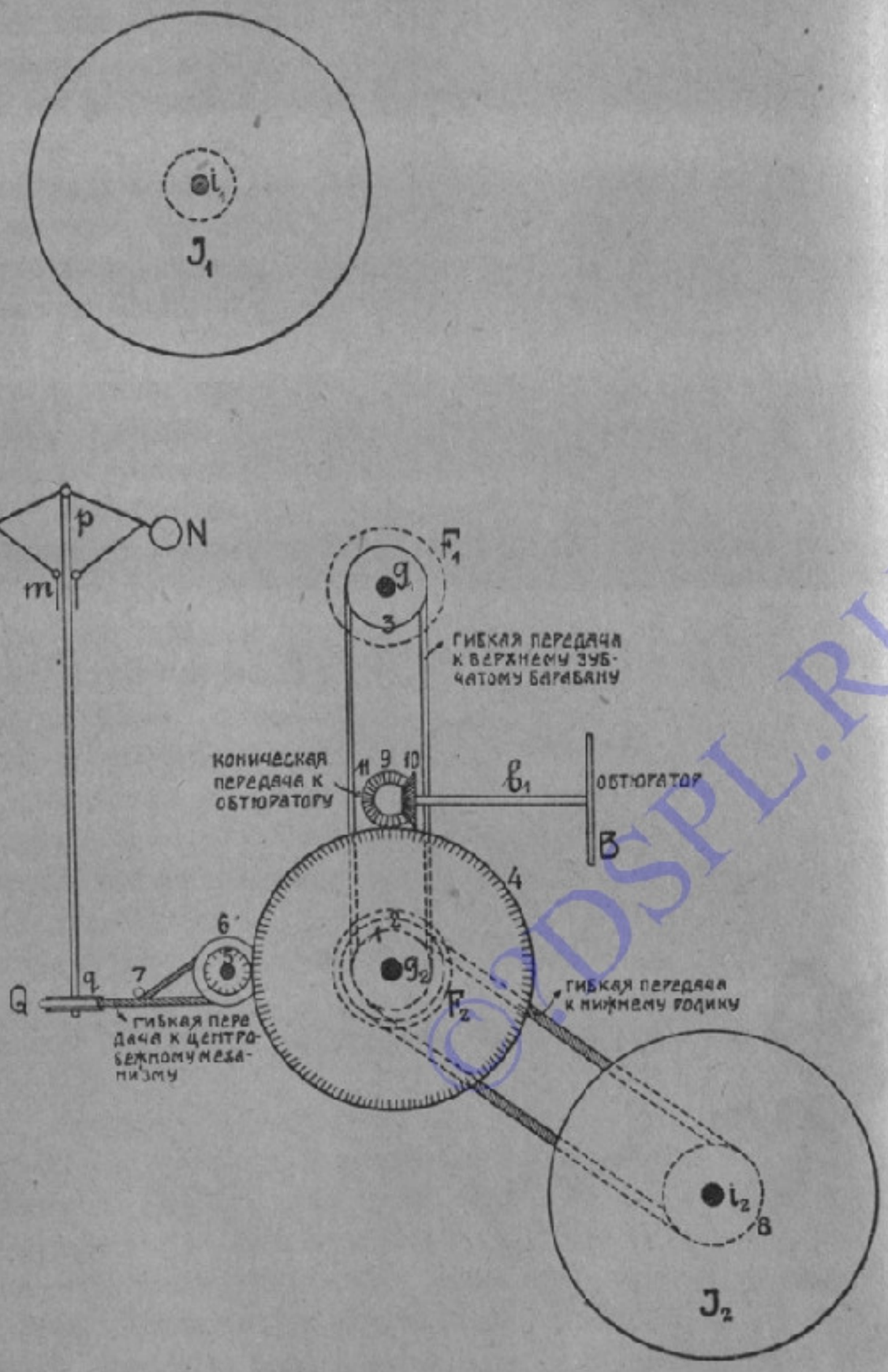


Черг. 123. Схема кинопроектора.

RU/ELIB

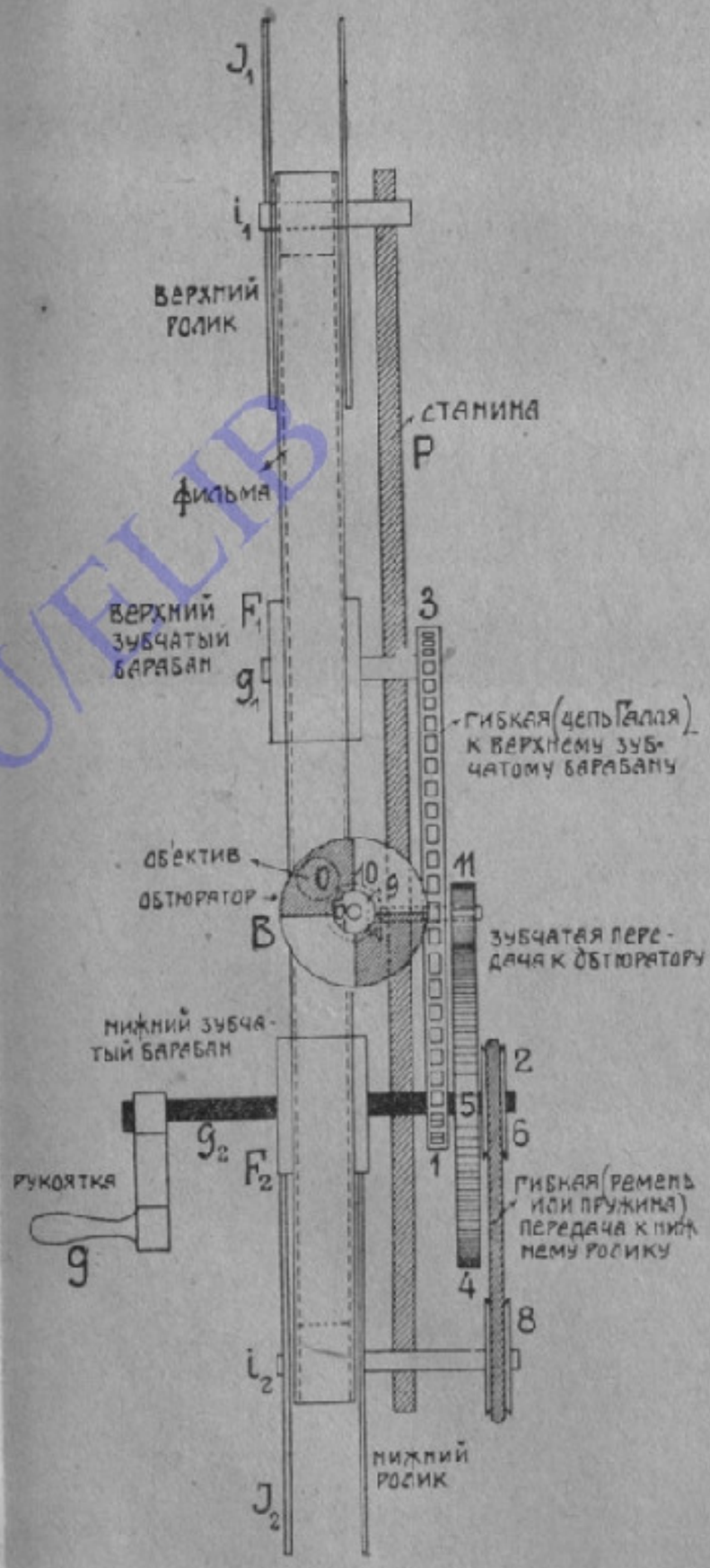
©?DSPL.RU/ELIB

ГОСУДАРСТВЕННАЯ ПУБЛИЧНАЯ НАУЧНО-ТЕХНИЧЕСКАЯ БИБЛИОТЕКА РОССИИ



Черт. 124.

Схема кинопроектора.



Черт. 125.

© DSPL.RU/ELIB

©?DSPL.RU/ELIB

изображена схема устройства в аксанометрии, 124 — где изображены отдельно все передачи в фасаде, и 125 — где изображен боковой вид тех же передач.

1) Движущая сила руки человека или мотора приводит во вращение ось g_2 (черная), на которой наглухо насажен нижний зубчатый барабан F_2, убирающий ленту.

2) На продолжении оси g_2 наглухо насажено зубчатое колесо 1, которое, при помощи цепи Галля, передает вращение зубчатому колесу 3, наглухо насаженному на ось g_1: на последней же наглухо сидит верхний зубчатый барабан F_1, подающий ленту к окну A.

Для того чтобы лента при продергивании в окне не рвалась о зубцы барабана F_1, она между барабаном F_1 и окном A делает слабину — петлю П (черт. 123).

3) На главной оси g_2 наглухо сидит зубчатое колесо 4, которое вращает верхнее зубчатое колесо 11, сидящее на оси, на другом конце которой имеется коническое зубчатое колесо 9, передающее под прямым углом вращение другому такому же колесу 10. Последнее же вращает ось b_1 с обтюратором B.

4) То же колесо 4 сцепляется с зубчатым колесом 5, на общей оси с которым укреплен шкив 6, который, при помощи ремня и направляющего ролика 7 передает вращение шкиву Q, приводящему в движение центробежный механизм NNmp, приподнимающий при расхождении грузов NN тягу l_1 и заслонку M.

5) На главной оси g_2 укреплен еще шкив 2, который, при помощи гибкой передачи, вращает ось i_2 и ролик J_2, наматывающий ленту.

6) Колесо 5 вращает и диск с механизмом прерывистого движения (палец).

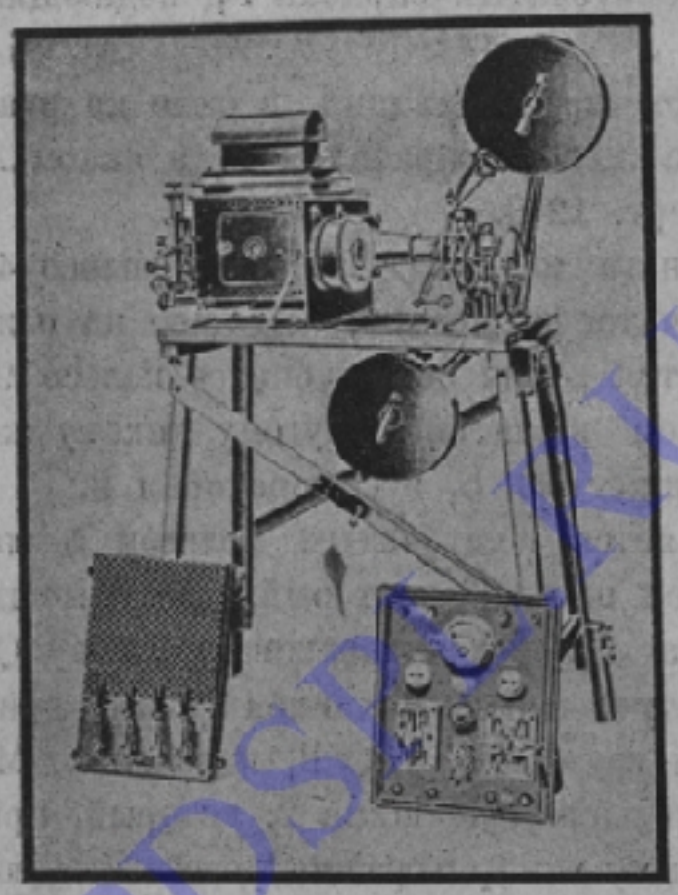
Если, случайно, в окне расположится низ одной картины и верх другой, то необходимо исправить это расположение, поставив картину *в рамку*. Для этого обыкновенно передвигают рамку с окном и с объективом O вверх или вниз относительно фильмы при помощи рычага abc, который штангой bd тянет рамку и окно. Точка опоры рычага в C.

Заметим, что при равномерном вращении главной оси g_2 и барабанов F_1 и F_2 ролик J_1 будет, по мере сматывания ленты, вращаться ускоренно, а ролик J_2 — по мере наматывания на него

ленты — замедленно. Во избежание перетягивания и разрыва ленты между роликом J_2 и барабаном F_3 передача между шкивами 2 и 8 допускает скольжение по шкивам без вращения последних, как только лента натянется немного сильнее. Наконец, буквой *P* обозначена станина в разрезе.

Переходим теперь к описанию общего вида установки.

Главную часть кинематографической будки, или аппаратной, составляет *кинематографический пост*, состоящий из трех частей: волшебного фонаря, собственно кинопроектора или головки и стола.



Черт. 126. Кинематографический пост (Патэ).

Черт. 127. Кинопост Патэ.

На черт. 126 изображен пост Патэ. Виден волшебный фонарь с водяной кюветкой, при помощи которой можно охлаждать лучи света. Ролики головки заключены в металлические коробки в предохранение их от пожара. Спереди стола (слева) помещен реостат, регулирующий мотор, расположенный на столе справа от головки. Видна также и ручка, при помощи которой можно приводить в движение аппарат и от руки. Снизу справа показана распределительная доска со следующими частями: 1) рубильником для включения и выключения тока к лампе;

RU/EHB

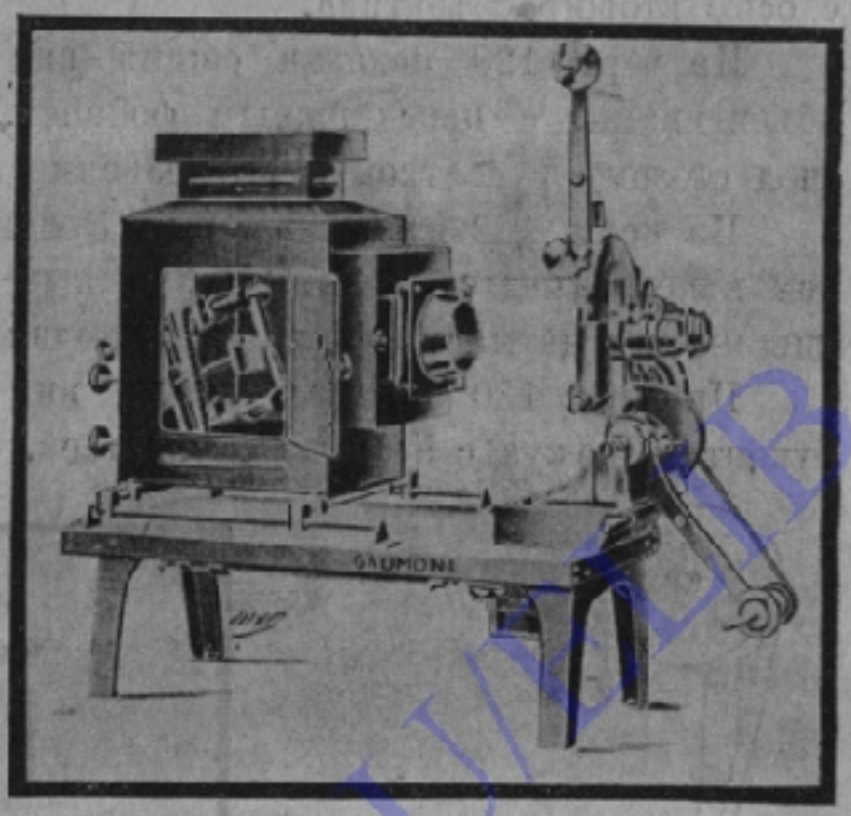
2) амперметром—а для указания силы тока;

3) проволочным реостатом с переключателем для регулирования силы света в фонаре;

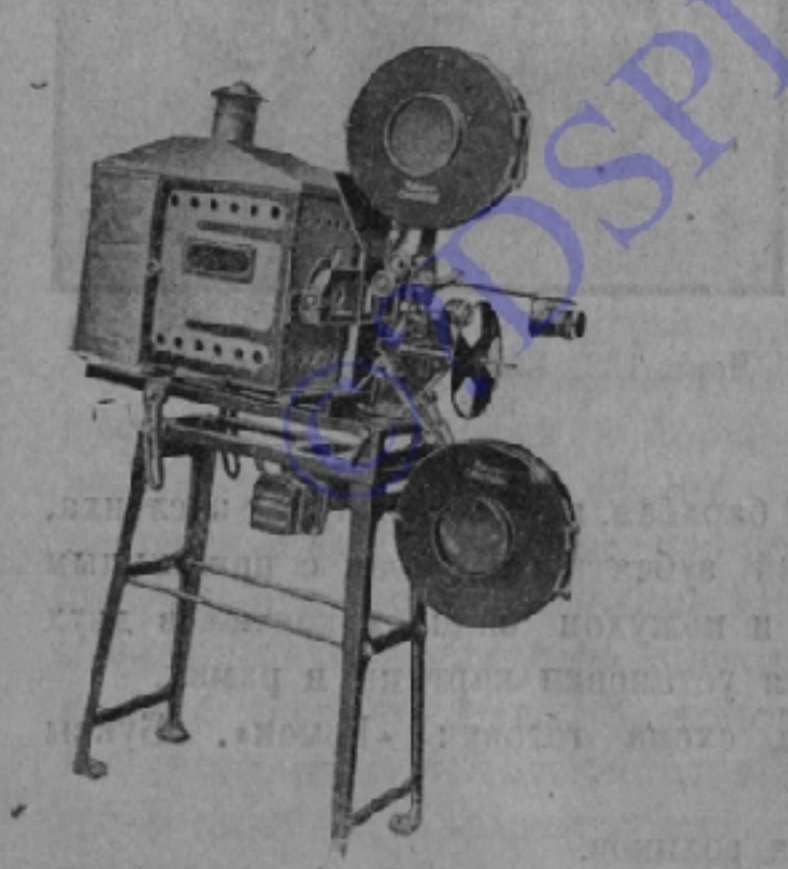
4) лампой—для освещения аппаратной.

Эта доска прикрепляется у стены будки.

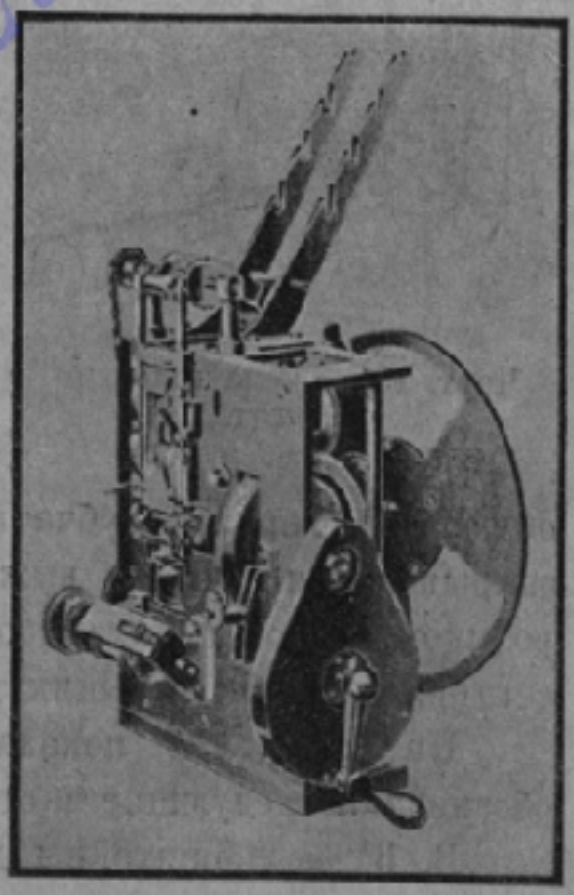
На черт. 127 показан общий вид спереди подобного же поста. Видна гибкая передача от мотора к головке. Кроме того здесь же показан и второй объектив, сбоку головки, служащий для откидывания на экран неподвижных картин



Черт. 128. Кино-пост (Гомон).



Черт. 129. Кино-пост Эрнеманна.



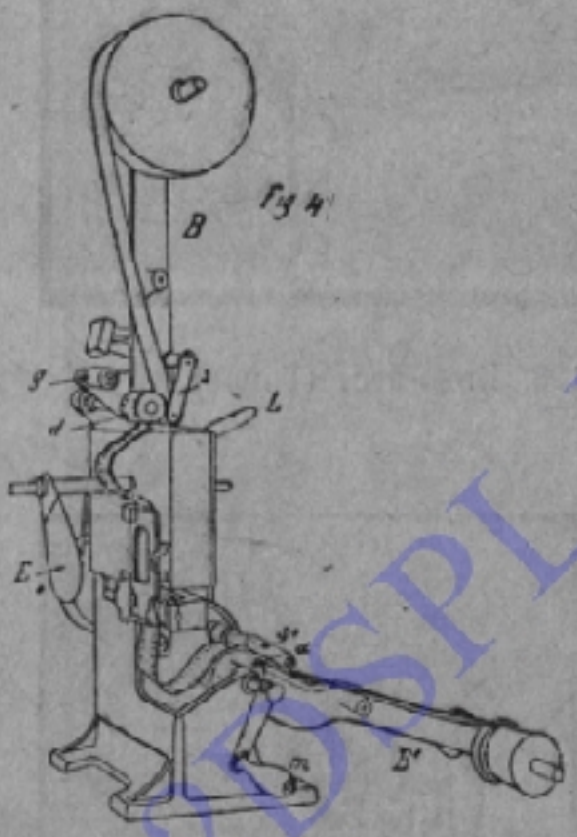
Черт. 130. Головка Патэ.

(диапозитивов). Для этой цели достаточно фонарь передвинуть по полозьям поперек стола так, чтобы оптическая ось его совпала с осью второго объектива.

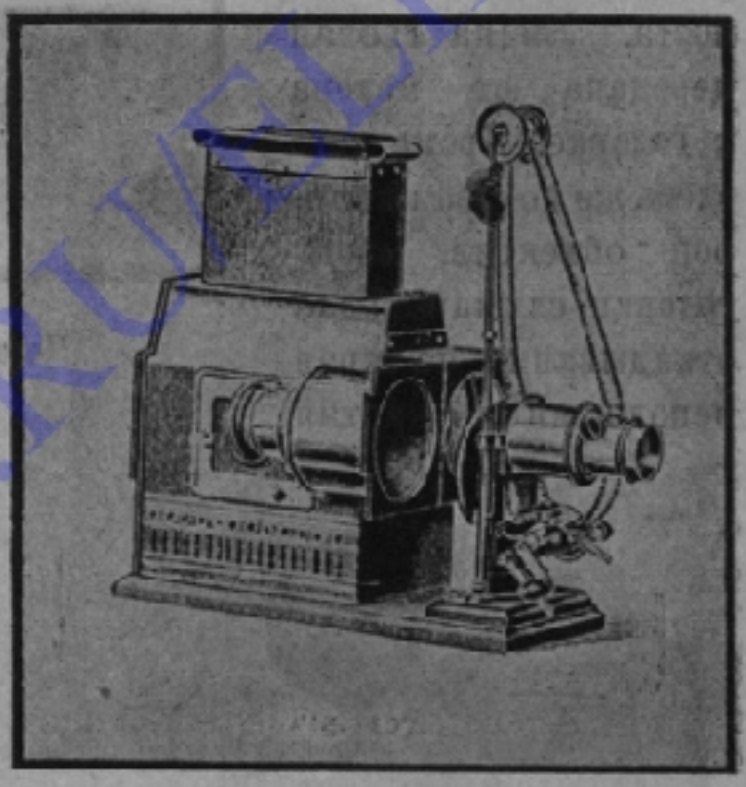
На черт. 128 показан общий вид поста «Гомон» с двумя объективами, с передвижным фонарем, электрическим мотором (под столом), рукояткой и двумя осями для роликов.

На черт. 128 изображен пост Эрнемана с мотором, реостатом к нему (под столом), передвижным фонарем и двумя объективами и с двумя коробками для роликов.

На черт. 130 показан общий вид головки Патэ. Видны: рукоятка, кожух с зубчатой передачей, выступ махового колеса,



Черт. 131. Схема головки Гомон.



Черт. 132. Кинопроектор с бесконечной лентой.

обтюратор, верхний зубчатый барабан, противопожарная заслонка, закрывающая рамку, нижний зубчатый барабан с прижимным роликом. Между маховиком и кожухом видна рукоятка в двух секторных направляющих для установки картины в рамку.

На черт. 131 показана схема головки «Гомон». Буквы обозначают следующие части:

B, B^1 — кронштейны для роликов.

E — противопожарная заслонка.

L — рукоятка для установки картины в рамку.

d, d, — зубчатые барабаны.

S и S′ — рычаги, нажимающие на прижимные ролики.

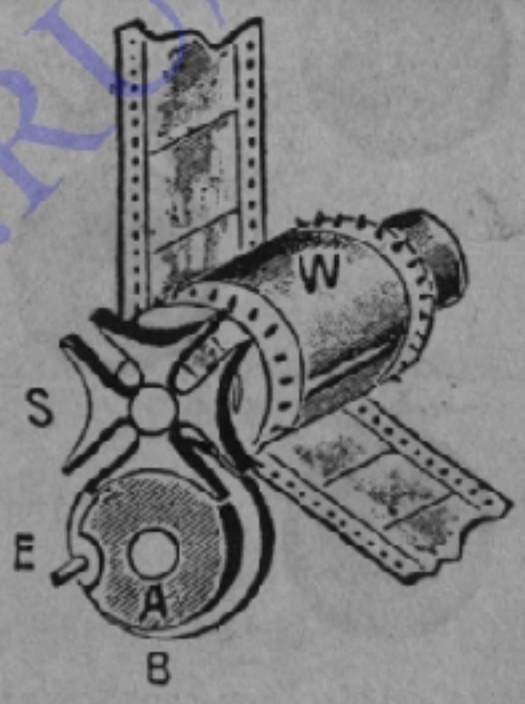
m — рукоятка.

Были попытки соединить съемочный аппарат с проектирующим, т.-е. чтобы при помощи одного и того же аппарата производить и съемку и проектирование. Подобного рода аппараты называются *«универсальными кино»*.

Наконец, если необходимо повторять на экране изображение одного и того же движения, то для этой цели служат установки с бесконечной лентой, как это и показано на черт. 132.

в) Детали головок.

Переходим теперь к описанию главнейших деталей устройства кинопроекторов или головок. Среди таковых деталей наиболее важными являются *механизмы для прерывистого движения ленты*. Самым же распространенным из них является *мальтийский крест*. Устройство его следующее (черт. 133).



Черт. 133. Мальтийский крест.

От главного ведущего вала головки передается равномерное вращение круглому диску B с выступающим зубом E и другим, соединенным наглухо с первым, диском A. У последнего против зуба E сделан вырез.

С диском A могут соприкасаться своими вогнутыми очертаниями зубья шестеренки S, похожей по форме на мальтийский крест. На оси же этой шестеренки наглухо насажен зубчатый барабан W головки, выбирающий ленту из окна. Пока диск B и соединенный с ним диск A вращаются, соприкасаясь по окружности A с впадиной зуба S, мальтийский крест, а следовательно и барабан с лентой остаются неподвижными. Но как только зуб E подойдет к прорезу креста, он зацепит последнее и повернет его на $^1/_4$ его оборота, пока вновь диск A не соприкоснется с впадиной следующего зуба креста.

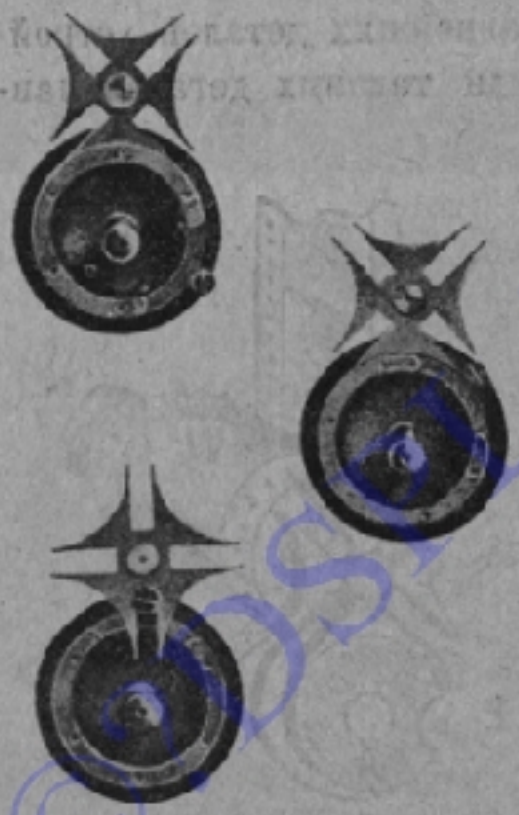
*

©DSPL.RU/ELIB

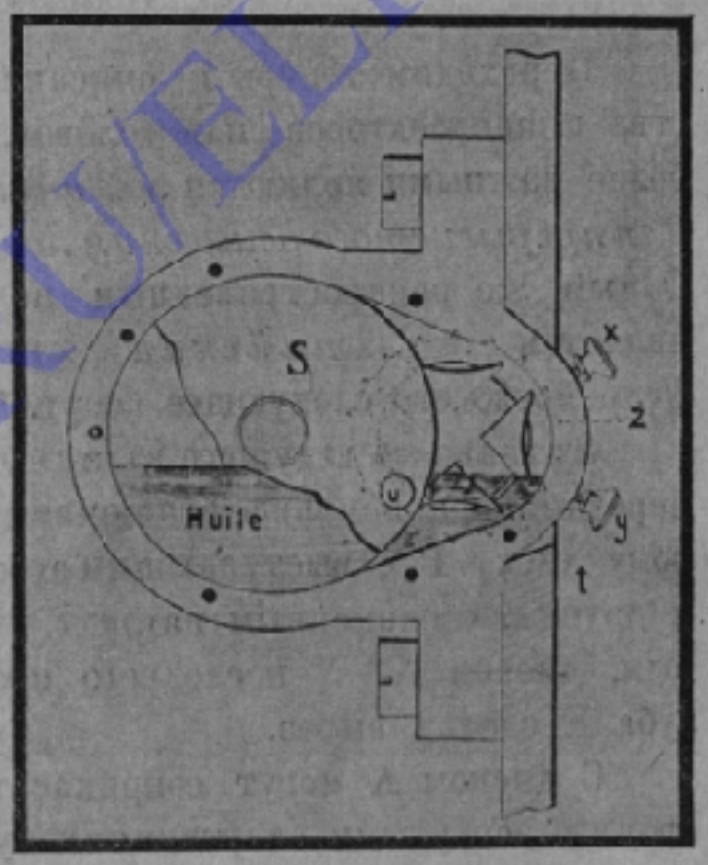
На черт. 134 показаны три положения мальтийского креста и диска: 1) (верхнее) мальтийский крест не вращается, 2) (среднее) начинается вход зуба в прорез, 3) (нижнее) полное сцепление зуба с крестом и наибольшая скорость вращения креста.

На черт. 135 показано конструктивное устройство сцепления диска, зуба и креста в аппарате Патэ. Оба колеса заключены в масляную ванну. Через отверстие x масло наливается до уровня y. Зубья барабана обозначены через z, зубья креста через t.

При устройстве механизма по черт. 133 — 135 за каждый оборот диска крест, а вместе с ним и барабан повернется на



Черт. 134. Три положения мальтийского креста.



Черт. 135. Устройство мальтийского креста.

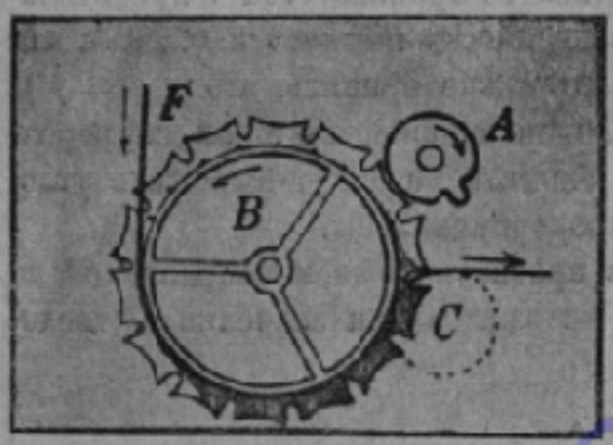
$^1/_4$ оборота. Диаметр барабана рассчитан так, что на поверхности его могут поместиться четыре картинки ленты. Таким образом за один оборот диска A лента выдвинется из рамки на одну картинку.

Чем меньше радиус креста по сравнению с радиусом вращения зуба, тем быстрее будет меняться картина и тем дольше она будет стоять и проектироваться на экране.

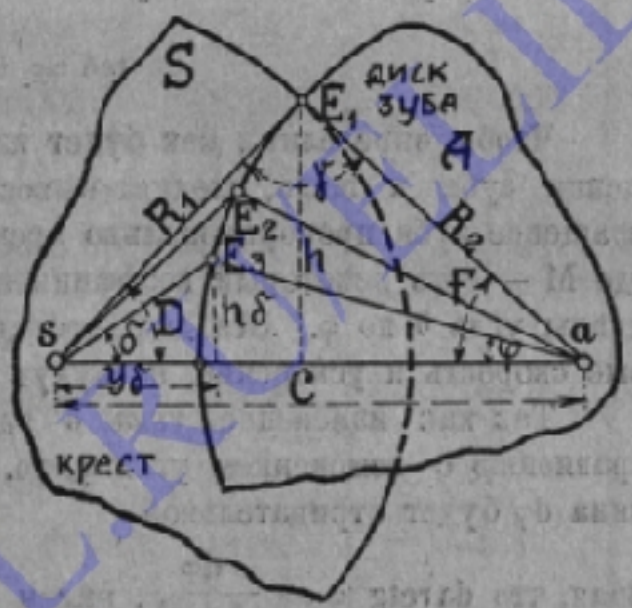
Исходя же из условий прочности материалов, делают это отношение радиусов таковым, чтобы время стояния картины относилось ко времени ее передвижения, как 5 к 1.

На чертеже 136 показан пример мальтийского креста, где одному обороту диска A соответствует $^1/_{14}$ оборота креста B (передача $\frac{1}{14}$). Поэтому, чтобы лента передвинулась на 1 картину, необходимо, чтобы барабан был такого диаметра, чтобы на окружности его помещалось 14 картин.

В виду широкого распространения мальтийского креста с одним зубом, приведем здесь теорию его движения. На черт. 137 изображены схемати-



Черт. 136. Мальтийский крест с 14 зубцами.



Черт. 137. К теории мальтийского креста.

чески диск (A) зуба, крест S, a — ось вращения зуба, s — ось вращения креста.

Дальше введены следующие обозначения:

2F — дуга, которую описывает зуб во время своего скольжения в щели креста.

2D — соответствующая этой дуге дуга креста, т.-е. угол между двумя соседними щелями, направления которых предполагаются проходящими через ось креста.

γ — угол, который составляет каждая щель, в начале входа в нее зуба, с радиусом вращения этого зуба.

R_1 — радиус креста.

R_2 — радиус вращения зуба.

C — расстояние между осями s и a.

φ — угол между C и переменным положением радиуса R_1.

δ — угол между C и щелью, в которой скользит зуб, с радиусом, наклоненным к C над $\angle\varphi$.

E_1, E_2, E_3 — три разных положения зуба.

h — длина перпендикуляра из центра зуба E_1 при входе его в щель на линию sa.

hδ — то же при случайном положении E_2 зуба в щели при соответствующих углах φ и δ.

Yδ — расстояние основания перпендикуляра hδ от оси s.

Наконец, обозначим для краткости частное $\frac{C}{R_2}$ через Q.

Из косоугольного треугольника sE_1a имеем:

$$Q = \sqrt{\frac{R_1^2}{R_2^2} - 2\,\frac{R_1}{R_2}\cos\gamma + 1};$$

Из треугольника же sE_2a:

$$\operatorname{tg}\delta = \frac{\operatorname{Sin}\varphi}{Q - \cos\varphi} \quad \ldots\ldots\ldots\ldots \quad (1)$$

Чтобы определить, как будет изменяться во времени угол δ при скольжении зуба в щели, следует вывести зависимость между δ и φ. Так как вращение зуба пропорционально времени, то можно принять, что: $\varphi = Mt$, где M — есть некоторый коэффициент. Найдем первый и второй дифференциалы угла δ по φ. Эти дифференциалы хотя и не будут выражать угловые скорость и ускорение, но будут им пропорциональны.

Так как изменение угла δ идет в противоположном направлении по сравнению с изменением угла φ, то, при положительном значении dδ, величина dφ будет отрицательной

Зная, что $\operatorname{darctg}\varphi = \frac{d\varphi}{1+\varphi^2}$, имеем

$$d\delta = \frac{Q\cos\varphi - 1}{Q^2 - 2\,Q\cos\varphi + 1}\,d\varphi$$

$$d^2\delta = \frac{Q\,(1-Q^2)\,\sin\varphi}{57{,}3^\circ\,(Q^2 - 2\,Q\cos\varphi + 1)^2}\,d\varphi^2.$$

Для получения числовых значений dδ и $d^2\delta$, рассмотрим следующие частные случаи, при которых $R_1 = R_2$:

a) крест имеет 4 щели; $F = D = 45^\circ$

b) » » 5 щелей; $F = D = 36^\circ$

c) » » 6 » $F = D = 30^\circ$

d) » » 9 » $F = D = 20^\circ$.

Наконец, рассмотрим еще случай, когда радиус вращения зуба не равен радиусу креста; тогда и F не равно D:

e) крест имеет 6 щелей; $F = 60^\circ$; $D = 30^\circ$; $R_1 = R_2\sqrt{3}$.

В таблицах X и IX даны для изменения дуги F через $^1/_{10}$ ее значения угловых скоростей dδ и угловых ускорений $d^2\delta$ щели от начала ее движения (sE_1) до положения, когда она совпадет с линией Sa. Для дальнейшего движения щели числа таблиц будут повторяться в направлении снизу вверх.

©DSPLIB

ТАБЛИЦА X.

Скорости.

$\frac{\varphi}{F}$	$R_1 = R_2$				$R_1 = R_2\sqrt{3}$
	a) 4 щели $\gamma = 90°$ $F=D=45°$	b) 5 щелей $\gamma = 108°$ $F=D=36°$	c) 6 щелей $\gamma = 120°$ $F=D=30°$	d) 9 щелей $\gamma = 140°$ $F=D=20°$	e) 6 щелей $\gamma = 90°$ $F = 60°$ $D = 30°$
	$d\delta =$	$d\delta =$	$d\delta =$	$d\delta =$	$d\delta =$
1,0	0,000$d\varphi$	0,309$d\varphi$	0,500$d\varphi$	0,766$d\varphi$	0,000$d\varphi$
0,9	0,090	0,414	0,597	0,822	0,066
0,8	0,202	0,534	0,696	0,877	0,146
0,7	0,351	0,674	0,798	0,929	0,240
0,6	0,542	0,828	0,916	0,978	0,350
0,5	0,790	1,000	1,030	1,025	0,477
0,4	1,111	1,172	1,145	1,062	0,614
0,3	1,504	1,340	1,235	1,095	0,755
0,2	1,918	1,485	1,298	1,115	0,879
0,1	2,270	1,590	1,342	1,133	0,967
0,0	2,410	1,618	1,365	1,136	1,000

Если траектория зуба входит под прямым углом в щель (случаи a и e), то скорость вращения щели начинается от нуля. В остальных же случаях эта скорость не нуль, т.-е. получается удар, и тем сильнее, чем меньше углы F и D. При $\frac{\varphi}{F} = 0$, т.-е. когда зуб пройдет половину своего пути, скорость достигает максимума, а ускорение — минимума.

При конструировании аппаратов стремятся к тому, чтобы время затемнения, соответствующее углу 2 F, было возможно меньше, по сравнению с временем остановки картины. Последнее же время соответствует дуге $360° - 2\ F$.

©DSPE.RU/ELIB

ТАБЛИЦА XI.

Ускорения.

$\frac{\varphi}{F}$	$R_1 = R_2$ a) $\gamma = 90°$ $F = D = 45°$	$R_1 = R_2$ b) $\gamma = 108°$ $F = D = 36°$	$R_1 = R_2$ c) $\gamma = 120°$ $F = D = 30°$	$R_1 = R_2$ d) $\gamma = 140°$ $F = D = 20°$	$R_1 = R_2\sqrt{3}$ e) $\gamma = 90°$ $F = 60°$; $D = 30°$
	$d^2\delta =$	$d^2\delta =$	$d^2\delta =$	$d^2\delta =$	$d^2\delta =$
1,0	$1{,}00d^2\varphi$	$1{,}54d^2\varphi$	$1{,}73d^2\varphi$	$1{,}63d^2\varphi$	$0{,}578d^2\varphi$
0,9	1,28	1,79	1,88	1,60	0,690
0,8	1,64	2,12	2,01	1,56	0,825
0,7	2,14	2,34	2,11	1,47	0,980
0,6	2,78	2,59	2,14	1,35	1,125
0,5	3,59	2,78	2,08	1,20	1,290
0,4	4,54	2,78	1,92	1,01	1,425
0,3	5,29	2,54	1,61	0,79	1,290
0,2	5,14	1,97	1,17	0,54	1,060
0,1	3,41	1,09	0,61	0,14	0,605
0,0	0,00	0,00	0,00	0,00	0,000

Рассмотрим теперь вышеприведенные примеры в предположении, что угловые скорости зуба во всех случаях одинаковы, времена же затемнения при этом пусть будут различны.

Обозначая время полного оборота зуба через T, получим для случаев от a) до d) времена затемнения равными $^1/_4$ T, $^1/_5$ T, $^1/_6$ T, $^1/_9$ T.

Величины угловых скоростей φ для этих четырех случаев даются отношением $\frac{d\varphi}{dt} = \text{const.}$

При этом, несмотря на различные дуги 2D, на которых будут вращаться щели при каждом входе в них зуба, лента будет проскакивать на одну и ту же длину, если только диаметр крестов будет обратно пропорционален дугам 2D.

© DSPLIB.RU/ELIB

Значения скоростей и ускорений ленты получим для случаев от a) до d), умножая $d\delta$ и $d^2\delta$ соответственно на 1, $\frac{45}{36}$, $\frac{45}{30}$, $\frac{45}{20}$.

Полученные таким образом числа помещены в таблицах XII и XIII. Из таблицы XII видно, что скорости движения фильмы *в среднем* для крестов с 5, 6 и 9 щелями больше, чем для креста с 4 щелями. Однако, лишь один крест с 9 щелями дает максимум скорости движения ленты больший такового же для креста с 4 щелями. Иные отношения получаются для ускорения движения ленты (таблица XIII).

Большие значения ускорений имеют место для креста с 4 щелями; максимумы же и средние величины для трех других крестов сравнительно малы.

ТАБЛИЦА XII.

Скорости.

$\frac{\varphi}{F}$	a) 4 щели 1. $d\delta$	b) 5 щелей $^{45}/_{36}$. $d\delta$	c) 6 щелей $^{45}/_{30}$. $d\delta$	d) 9 щелей $^{45}/_{20}$. $d\delta$
1,0	0,000	0,386	0,750	1,724
0,9	0,090	0,518	0,896	1,852
0,8	0,202	0,667	1,041	1,973
0,7	0,351	0,842	1,196	2,090
0,6	0,542	1,035	1,373	2,200
0,5	0,790	1,250	1,545	2,308
0,4	1,111	1,464	1,717	2,390
0,3	1,504	1,674	1,853	2,465
0,2	1,918	1,856	1,948	2,510
0,1	2,270	1,990	2,016	2,550
0,0	2,410	2,023	2,047	2,558
Среднее	0,798	1,250	1,499	2,238

©SPSL.RU/ELIB

ТАБЛИЦА XIII.

Ускорения.

$\frac{\varphi}{F}$	a) 4 щели 1. $d^2\delta$	b) 5 щелей $^{45}/_{36}$. $d^2\delta$	c) 6 щелей $^{45}/_{30}$. $d^2\delta$	d) 9 щелей $^{45}/_{20}$. $d^2\delta$
1,0	1,00	1,94	2,59	*3,67*
0,9	1,28	2,24	2,82	3,60
0,8	1,64	2,65	3,02	3,51
0,7	2,14	2,92	3,17	3,31
0,6	2,78	3,24	*3,21*	3,04
0,5	3,59	*3,48*	3,12	2,70
0,4	4,54	*3,48*	2,88	2,27
0,3	*5,29*	3,17	2,42	1,79
0,2	5,14	2,46	1,76	1,22
0,1	3,41	1,36	0,92	0,32
0,0	0,00	0,00	0,00	0,00
Среднее.	3,03	2,60	2,46	2,40

Лента в своем движении испытывает сопротивления разного рода: 1) трение о стенки рамки и о нажимные ролики, 2) жесткость при изгибе в петле, 3) инерцию массы ленты (лишь при ускорении ее движения).

Мальтийский крест с косыми щелями (черт. 138) может быть также применен. Зуб может входить в щели по касательной; выходить же он может под углом к щели около 60°. Этим достигается, что максимум скорости будет не в середине зацепления, а позднее. Ускорения получаются соответственно меньше.

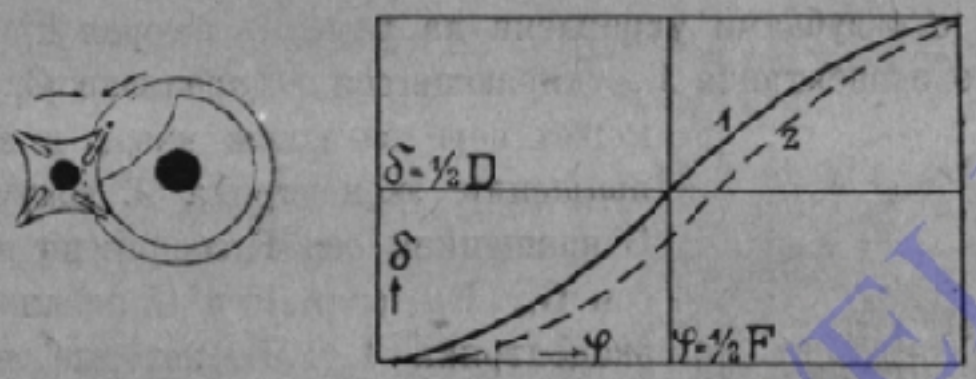
Передвижка же ленты на второй половине времени сцепления будет больше. На черт. 137 кривая I изображает зависимость между углами φ и δ для креста с 6 радиальными щелями, при данных:

$$F = 45°;\ D = 30°;\ \gamma = 105°;$$
$$R_1 = 1{,}4142\,R^2;\ Q = 1{,}9315.$$

©2DSPL.RU/ELIB

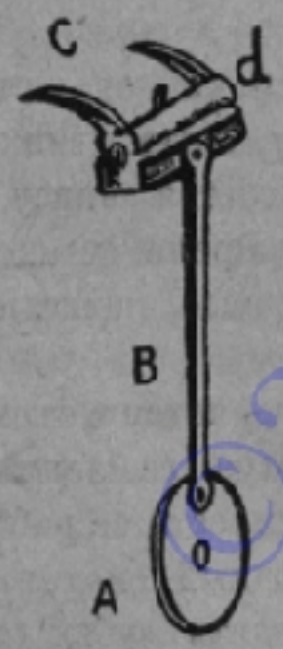
Кривая 2 дает зависимость между φ и δ при косых щелях, направленных под углом 15° к прежним радиальным расположениям. Кривая 1 симметрична относительно прямых $\varphi = 0{,}5\,F$ и $\delta = 0{,}5\,D$; кривая же 2 дает при $\delta = 0{,}5\,D$ величину $\varphi = 0{,}58\,F$. Скорости и ускорения ленты за период возрастающих скоростей меньше, а за период убывающих скоростей больше, чем для кривой 1.

Вилка. Следующим типом механизма прерывистого движения мы рассмотрим вилку. Простейшее устройство ее изобра-

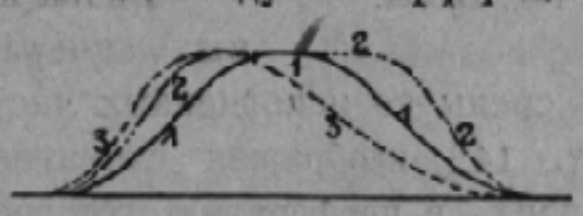


Черт. 138. Мальтийский крест с косыми щелями.

жено на черт. 139. Диск (A), поворачиваясь вокруг своей оси, увлекает штангу (B), а вместе с нею вилку (C), которая своими зубцами входит в перфорацию ленты и тянет последнюю за собою. Когда же, при дальнейшем движении диска, вилка будет подниматься вверх, то, благодаря закруглению зубцов, последние выйдут из перфорации, повернувшись вокруг оси (d) и скользнув по ленте, вновь выпрямятся благодаря пружине на оси d и войдут в перфорацию и т. д.



Черт. 139. Вилка.



Черт. 140. Сравнение движений креста (1), вилки (2) и пальца (3).

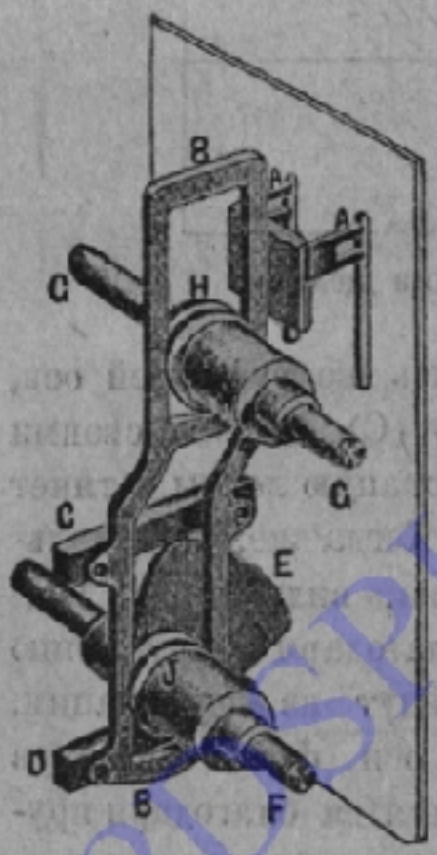
На черт. 140 показаны для сравнения кривые, характеризующие движение: мальтийского креста (1), вилки (2) и пальца (3). По оси абсцисс отложен путь, проходимый лентой, а по оси ординат скорости ее движения. У мальтийского креста скорость, начиная от нуля, постепенно возрастает до середины хода ленты

и затем также убывает до нуля. Поэтому крест обладает наилучшею плавностью хода.

При вилке же в начале движения скорость ленты быстро возрастает, затем остается постоянной, вследствие чего лента по инерции может проскакивать дальше, чем это требуется.

К достоинствам вилки следует отнести безшумность ее работы и малую изнашиваемость при ней ленты.

Более совершенное устройство вилки показано на черт. 141. Вилка A с 4 зубьями укреплена на раме B, которая при помощи фигурного эксцентрика E, упирающегося в параллели C, D рамки, может передвигаться вверх и вниз при вращении эксцентрика E вокруг оси F. С вращением оси F соединено вращение оси G. На осях F и G насажены еще эксцентрики J и H, которые, вращаясь и упираясь в стойки рамы B, могут отклонять раму B влево или вправо, а, следовательно, выдергивать зубья вилки из перфорации ленты или всовывать их туда.



Черт. 141. Вилка.

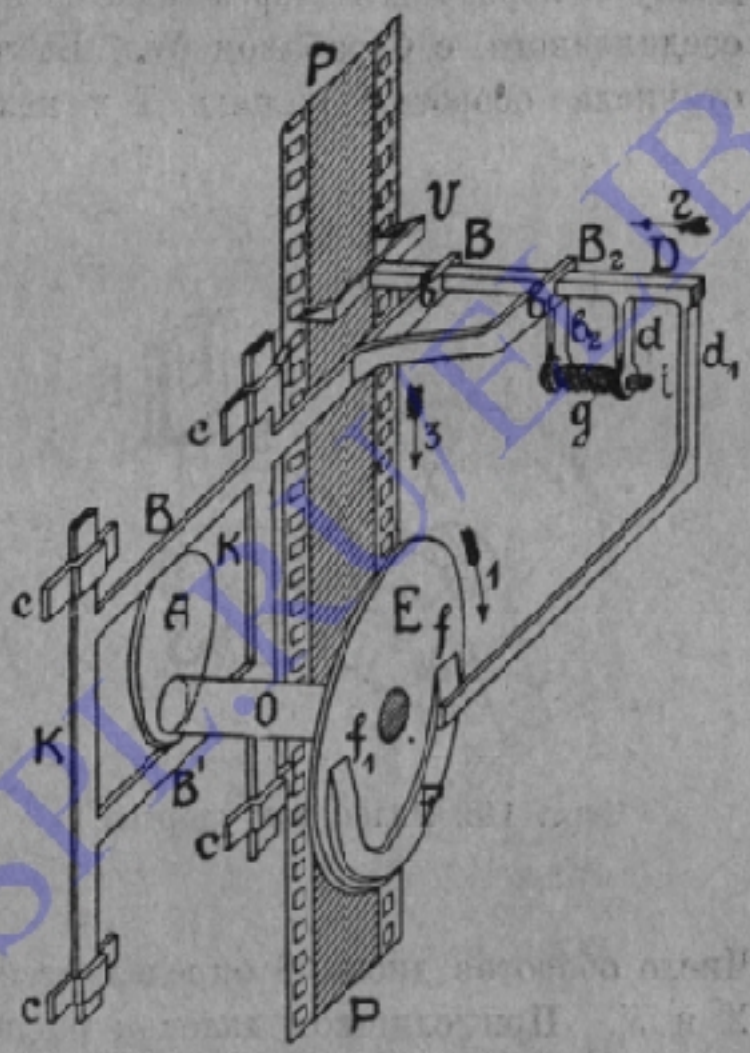
При движении вилки она стоит сначала немного вверху, затем движется вниз, далее останавливается внизу и, наконец, поднимается. Время остановки продолжается вдвое больше, нежели ее движение.

Вилка широко применяется в съемочных аппаратах благодаря ее легкости, удобству смены ее испорченных частей и бесшумности ее работы. На черт. 142 изображен схематически вилочный механизм: P — фильмы, в перфорацию которой могут входить зубья (два) вилки V. Вилка должна совершать двоякого рода движения: вверх, вниз, и вперед, назад. Цикл движений ее такой: 1) идет вперед (стрелка 2) и входит зубьями в перфорацию, 2) идет вниз (стрелка 3) и тянет ленту вниз на высоту одной картинки, 3) выходит из перфорации назад, 4) идет вверх, не задевая фильмы. Движение вверх — вниз осуществляется следующим образом.

©USPI.ru

Стержень D вилки ходит в пазах двух концов B и B_1, рычага BB, укрепленного на параллелях K и K. Последние могут скользить в обоймах C, C, C, C, укрепленных на станине аппарата. Между параллелями укреплена вторая перекладина B^1. От рукоятки или от мотора передается вращение валу O, на левом конце которого насажен эксцентрик A, упирающийся в перекладины B и B′. При вращении вала с эксцентриком рамка KBKB′a, вместе с ней и вилка V будет двигаться вверх — вниз.

Движение вилки вперед — назад осуществляется следующим образом: стержень D вилки может свободно ходить в пазах B, B_2 рычага BB. У конца стержня D имеется прилив d, конец которого может скользить по стержню i, укрепленному на бруске b_2; последний же соединен с концом B_2 рычага BB. Прилив d соединен с бруском b_2 пружиной g, которая постоянно стремится вдвинуть стержень D и вилку V в перфорацию, сообщая, таким образом, вилке движение вперед. Движение же назад производится колесом E, укрепленным на валу O.

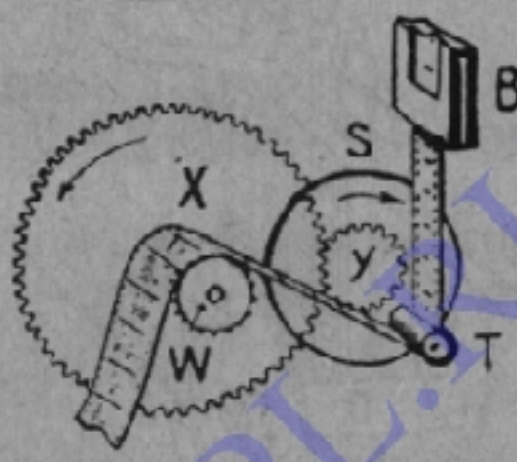


Черт. 142. Схема работы вилки.

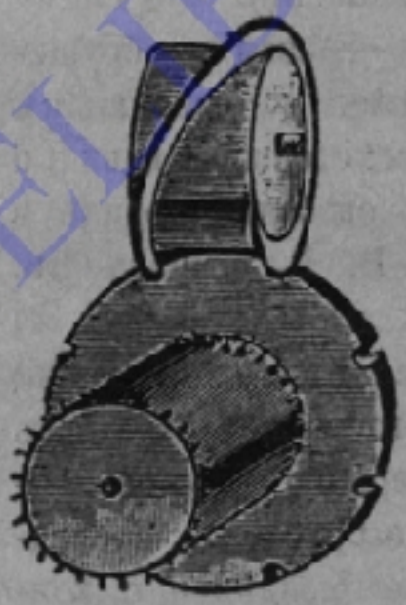
На колесе имеется кольцеобразный прилив F со скосами f_1, f. На этом приливе свободно лежит, прижимаясь к нему пружиною g, коленчатый брусок dd_1, наглухо соединенный со стержнем D. Когда брусок d_1, при вращении колеса E, сойдет с прилива F, пружина g втянет вилку в перфорацию, когда же к бруску d_2 подойдет скос f_1 и брусок d_2 вновь взойдет на прилив F, он оттянет пружину и вилка выйдет из перфорации. На

чертеже представлен момент, когда, при вращении колеса E по стрелке 1, брусок d_1 готовится сойти с прилива F', тогда вилка пойдет по стрелке 2 и войдет в перфорацию, и в это время эксцентрик A потянет вилку и ленту вниз по стрелке 3.

Палец или ударник был уже нами описан, когда говорилось об общей схеме проектора (черт. 123). На черт. 143 показана общая схема зацепления диска S с пальцем T. Движение диску S передается через шестеренку *У* и зубчатого колеса *X*, соединенного с барабаном W. Быстрота смены картин зависит от числа оборотов пальца T и величины его эксцентрицитета.



Черт. 143. Палец или ударник.



Черт. 144. Улитка или червячная передача.

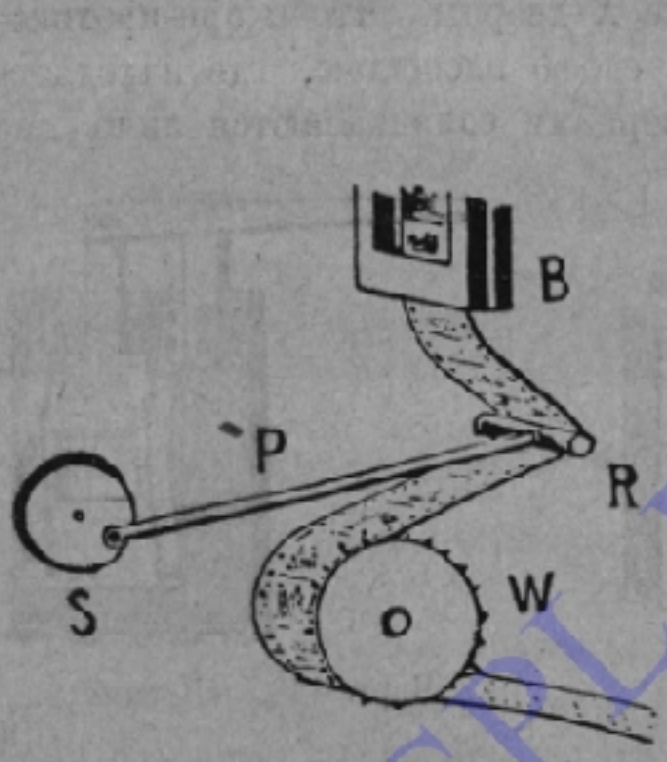
Число оборотов диска S определяется передаточным числом колес X и У. При слишком далеком расположении пальца от оси его вращения слишком увеличивается сила его удара о ленту; поэтому должна быть соответственно велика сила торможения щек рамки, иначе лента по инерции проскочит из окна дальше, чем это нужно.

Кривая (3) на черт. 140 изображает схему движения ленты при передвижении ее пальцем. Лента, получая движение одновременно от пальца и нижнего барабана, сразу развивает большую скорость, затем постепенно уменьшает скорость до полной остановки в рамке.

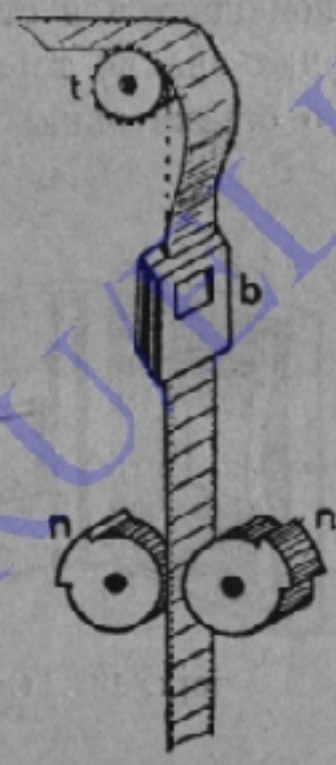
Улитка (черт. 144) или червячная передача. Фильма передвигается непосредственно нижним зубчатым барабаном.

С последним соединен диск с прорезами. В прорезы входит кривой улиткообразный выступ ведущего колеса. Этот выступ на ведущем колесе частью идет по окружности, частью же по винтовой линии. Когда круговая часть выступа попадает в впадину нижнего диска, последний не будет вращаться и тогда лента не двигается. Когда же войдет в впадину винтовая часть выступа, диск начнет вращаться и лента будет двигаться.

Тяговый толкач (черт. 145) представляет разновидность ударника. Передвижка ленты достигается при помощи моло-



Черт. 145. Тяговый толкач.



Черт. 146. Фрикционная передача или кулачный зажим.

точка R, тяги P и диска с пальцем S. Схема движения ленты подобна таковой же при пальце.

Фрикционная передача, или кулачный зажим (черт. 146). Движение ленты производится, когда кулачки (n) двух дисков, вращающихся с разных сторон ленты, зажмут ленту и потянут ее вниз, выдвигая ее из тормозных щек окна b.

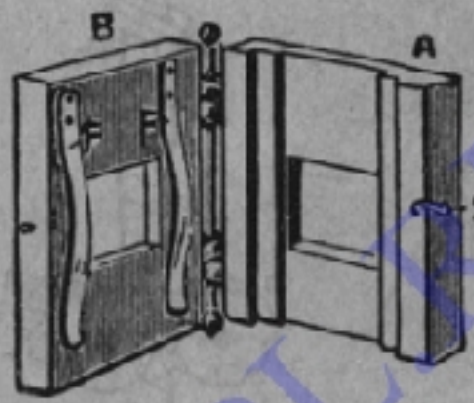
В заключение заметим, что в кинопроекторах преимущественно применяется мальтийский крест и несколько реже—палец. Крест дает лучшее стояние картины, но требует хорошую перфорацию ленты.

Палец дает не такое хорошее стояние картины, но зато не так чувствителен к хорошей перфорации ленты, и потому аппа-

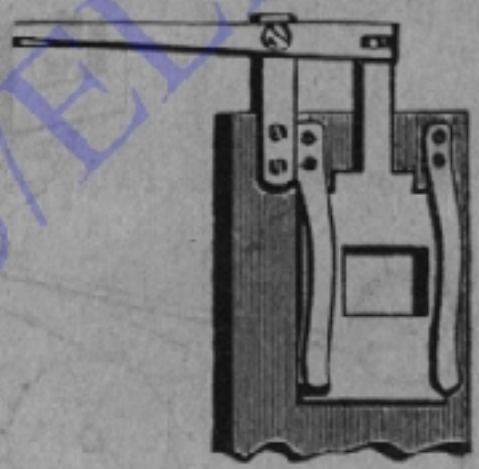
раты с пальцем удобны для школы, дома и вообще там, где проектору не приходится работать часами каждый день.

Вилка, улитка и фрикционная система почти не применяются в кинопроекторах, благодаря сравнительно худшему движению при них ленты в отношении распределения скорости ее движения.

Окно. На черт. 147 изображена простейшая конструкция окна, против которого останавливается каждая картинка ленты и через которое она проектируется лучами лампы на экран. Окно помещается в створке А дверцы. Чтобы при проходе ленты в дверцах она не терлась своею площадью, где находятся картины, о стенки окна, с дверцами соприкасаются лишь перфори-



Черт. 147. Окно.



Черт. 148. «В рамку».

рованные боковые полоски ленты, которые скользят в боковых уступах створки А и на которые надавливают пружины или тормозные щеки F,F второй створки В, когда последняя закрыта и прижата затвором S. Пружины задерживают ленту в окне и не позволяют ей по инерции проскакивать дальше в момент прекращения тяги от механизма прерывистого движения.

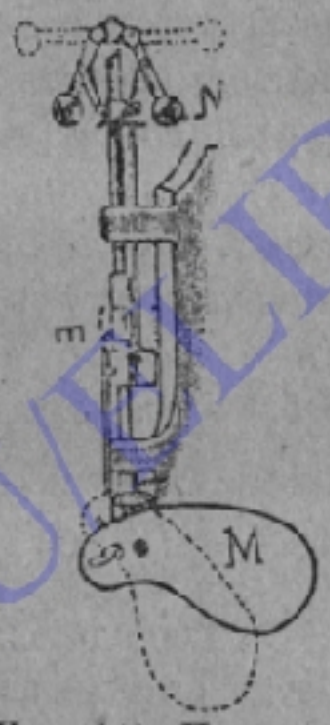
В рамку. Если картинка не строго совпадает своими контурами с контурами рамки, то получаются на экране два изображения: низ одной картины и верх—другой. Для исправления этого можно было бы применить два способа: или каким-нибудь способом передернуть ленту в окне во время хода, или передвинуть само окно вместе с объективом относительно движущейся ленты. Обыкновенно применяют второй способ. На черт. 123 изображен рычаг ABC, которым можно совершать такое передвижение вверх и вниз рамки R с скрепленным с нею объекти-

вом O. Вариация этой детали показана на черт. 148, где изображено подвижное окно (белое), рычаг и неподвижная створка (темная).

Противопожарные приспособления.

Для того чтобы во время остановки ленты она не могла загореться от лучей лампы, применяют различные устройства:

a) *Противопожарные заслонки*, которые во время хода ленты автоматически открываются, а во время остановки ленты закрывают доступ лучей к картине при помощи особых механизмов. На схеме 123 изображена такая заслонка M и центробежный механизм. При вращении шаров NN вокруг оси pq, шары, стремясь, вследствие появления центробежной силы, отойти от оси вращения, поднимают муфту (m), а за ней и рычаг l_1; последний же поднимает заслонку M. Деталь подробной заслонки с центробежным механизмом показана на черт. 149.



Черт. 149. Противопожарная заслонка.

b) *Кюветки*. Другое приспособление имеет целью охладить самые лучи, благодаря чему возможно проектировать картину на экран во время остановки ленты, не закрывая окна. Для этой цели между фонарем и лентой помещают сосуд — кюветку (черт. 150) с стеклянными стенками, наполненную охлажденной *кипяченой* (во избежание появления пузырьков) водой, в которую, для лучшего поглощения тепла, прибавлено несколько капель химически чистого глицерина. Воду, по нагревании, необходимо менять или применять проточную воду. На черт. 8 и 9, показаны примеры установки кюветки Q в волшебном фонаре. На черт. 126 изображена еще кюветка цилиндрической формы, прикрепленная к передней передвижной доске фонаря. В случае остановки ленты, одновременно передвигают упомянутую доску, чтобы лучи проходили через кюветку.

Черт. 150. Кюветка.

c) *Анарктика* представляет из себя усовершенствованную кюветку с раствором солей меди. С боков этой кюветки имеются расположенные вне пути лучей два охлаждающих цилиндра с предохранительными клапанами. С кюветкой соединен конденсатор, стекла которого также обладают большой теплоемкостью.

d) *Решетки* в виде проволочных сеток помещаются между конденсатором и лентой, и также поглощают теплоту лучей, хотя и немного затемняют картину.

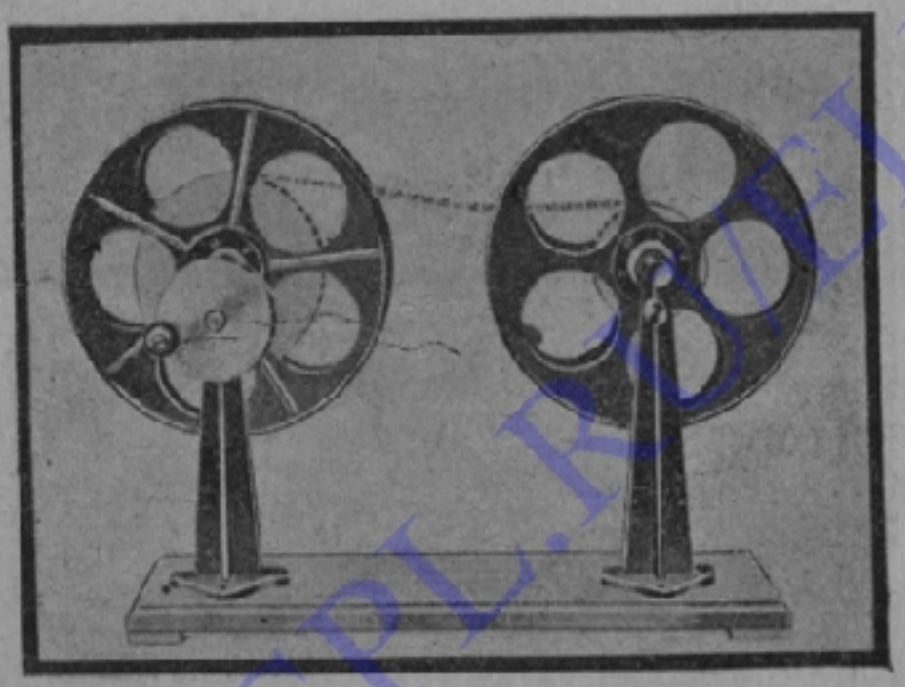
e) *Коробки* устраиваются для помещения в них роликов (катушек) с лентами и делаются из металла с особым затвором, который, в случае воспламенения ленты в головке, автоматически зажимает ленту и выходы из коробки и не позволяет огню попасть в коробку. На чертеже 125 — показаны верхняя и нижняя коробки в аппарате Патэ.

Наматывающие приспособления.

По мере того как лента сходит с верхнего ролика, диаметр намотки его уменьшается и скорость вращения его увеличивается. Однако, благодаря быстроте движения ленты, последняя не провисает и особого регулирующего приспособления для изменения вращения этого ролика не требуется. Иначе обстоит дело с нижним роликом. По мере наматывания на него ленты, диаметр намотки увеличивается и, чтобы лента не натягивалась, необходимо, чтобы скорость вращения этого ролика постепенно уменьшалась. Простейшее приспособление для достижения этого состоит в том, что к этому ролику делают гибкую передачу, не туго натянутую, чтобы она при известном натяжении ленты, допускала скольжение ремня по шкиву ролика. Подобная передача и показана на чертежах 124, 125.

Бесконечная лента. На чертеже 132 было показано простейшее приспособление для устройства бесконечной ленты, т.-е. когда оба конца ея склеены и фазы движения на экране повторяются, так как лента пробегает через головку с повторениями желаемое число раз. Однако это приспособление применимо лишь при короткой ленте. Если же лента длинная, то она может запутаться и разорваться. Был предложен ряд устройств для дви-

жения бесконечной ленты большой длины. Одно из них состоит в следующем (подробности см. C. Forch «Der Kinematograph und das sich bewegende Bild». Wien u. Leipzig, 1923, St. 162). Из головки лента через отверстие попадает в ящик и, огибая два барабана, наматывается на катушку, состоящую лишь из двух боковых колец с кольцевой зубчаткой. Дна (цилиндрического) у этой катушки нет, его заменяет система роликов, укрепленных между маленькими дисками и могущих вращаться вокруг оси. Последние же заделаны в неподвижную стенку. Внутренний конец ленты огибает зубчатый барабан и далее вал, обертывая его по винтовой линии, выходит из ящика к головке через отверстие.

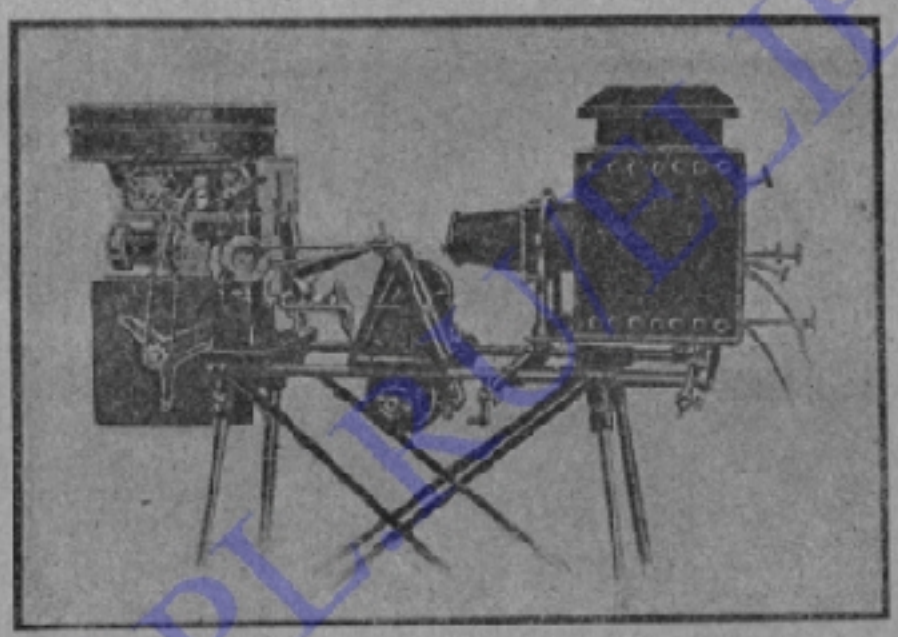


Черт. 151. Моталка.

Барабан имеет зубчатую нарезку и передает вращение зубчатому кольцу, а следовательно и ранее упомянутым кольцам, между которыми лента держится трением. Следует заметить, что благодаря разности диаметров внешней и внутренней стороны намотки, входить в ящик будет большая длина ленты, чем уходить, но, при достаточно большом радиусе намотки, при небольшом повторном цикле одинаковых повторяемых сюжетов и при допущении некоторого натяжения выходящей ленты, устройство это может работать удовлетворительно.

Аппараты без перемотки ленты. Когда какая-нибудь лента прошла через головку и намоталась на нижний ролик, то конец ее будет располагаться снаружи, а начало внутри. При

повторной демонстрации ленту необходимо при помощи особой моталки (черт. 151), перемотать на другой ролик, на что требуется некоторое время. Были предложены особые устройства для избежания подобной перемотки. Для этого нижний ролик устраивался большого диаметра. Когда он был намотан, он, при повторной демонстрации картины, переносился на головку сверху и располагался плашмя (черт. 152), при чем внутренний диск ролика вынимался и внутренний конец (начало) ленты выбирался и вкладывался с извивом в головку. При помощи особой передачи ролику давалось вращение в соответствующую сто-



Черт. 152. Кинопроектор без перемотки ленты.

рону и лента постепенно выбиралась из него, удерживаясь от запутывания прижимными рамками.

Электрические моторы для приведения в движение механизмов головки применяются мощностью в $\frac{1}{16}$ лошадиной силы (реже $\frac{1}{8}$). Они обыкновенно снабжаются реостатом, регулирующим их число оборотов. Для изменения числа оборотов устраиваются шкивы разных диаметров как на оси мотора, так и на валу головки. Передача от вала к головке делается ременной. Число оборотов мотора 1.500 — 2.000. Расход силы тока мотора $\frac{1}{16}$ HP — около 2 ампер при 110 вольтах. Установка моторов показана на чертежах 127, 128, 129 и 152.

Глава V. Специальные виды съемки.

§ 11. Съемка быстрых движений.

При помощи кинематографа можно различные явления изобразить на экране в различном темпе. Например, снимая летящую пулю на весьма быстро движущуюся фильму и пропуская эту фильму в кинопроекторе нормальным темпом, мы увидим на экране пулю, движущуюся медленно, и можем даже, при известных условиях, проследить влияние формы пули на образующиеся вокруг нее завихрения воздуха. Или же, снимая распускающийся цветок на весьма медленно движущуюся фильму (1 снимок в $^1/_4$ часа) и пропуская ту же фильму в проекторе нормальным темпом, мы увидим на экране быстрое распускание цветка, и можем уловить глазом такие детали этого явления, которые незаметны при обычном явлении в природе, благодаря его медленности.

Рассмотрим в этой главе подобные особенные виды съемок.

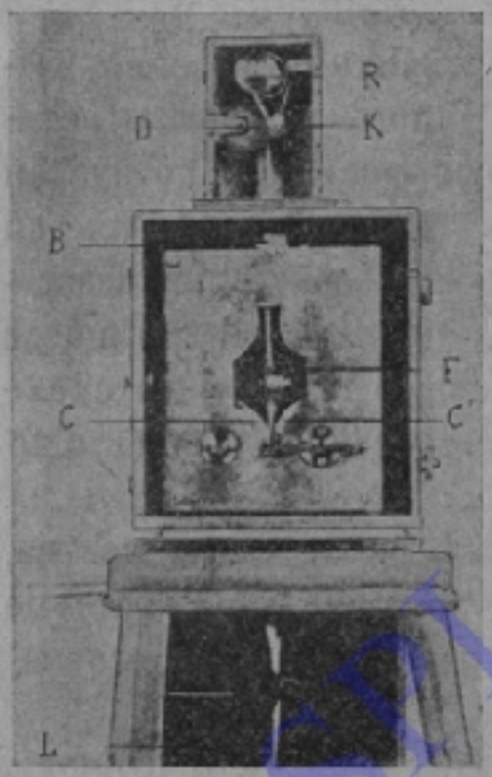
а) Движение человека и животных.

Разложение движений человека. Сравнительно небольшое по сравнению с нормальным движением ускорение ленты при съемке позволяет изучать на экране детали движения человеческого тела. На черт. 53 изображено девять фаз прыжка человека. Одновременно с ним снимался и циферблат со стрелкой, указывающей доли секунды. Здесь была скорость — 25 снимков в секунду. Увеличивая скорость движения ленты при съемке, получим и более медленные движения на экране. Например, если будет сделано при съемке 112 снимков в секунду, а при проектировании на экране лента будет итти с нормальной скоростью 16 снимков в секунду, то мы увидим движение, замедленное в 7 раз.

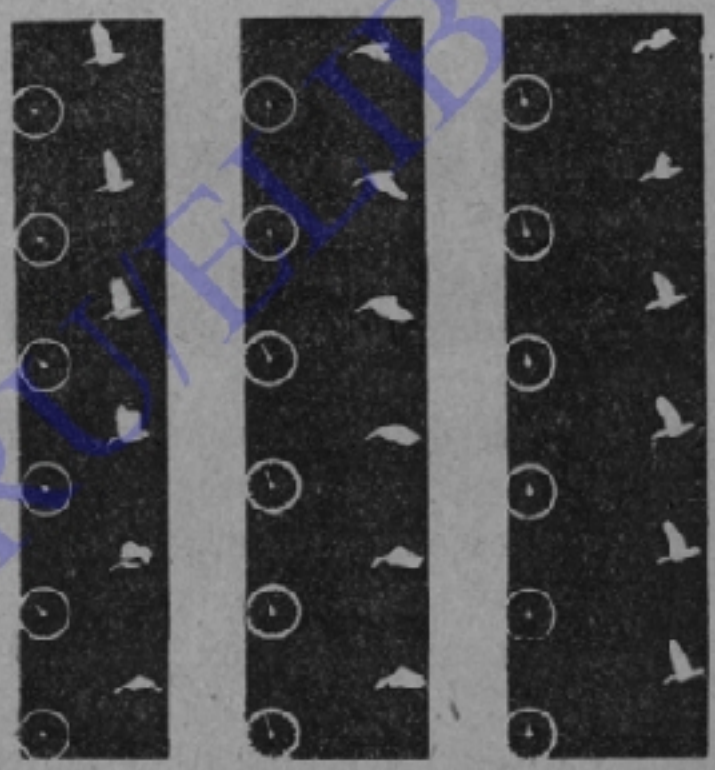
Еще Марей построил для этой цели специальный съемочный аппарат. Главную особенность этого аппарата составлял механизм прерывистого движения ленты, устроенный по принципу фрикционных колес (черт. 145).

Продольный разрез (вдоль оптической оси) аппарата Марея изображен на чертеже 153.

Движение пленки производится двумя цилиндрами трения C и C′. На окружности одного из этих цилиндров (C) нахо-



Черт. 153. Киносъемочный аппарат Марея (съемка быстрых движений).



Черт. 154. Полет голубя (по Марею).

дятся 8 выступов, которые, прижимая пленку к другому цилиндру, и сообщают ей прерывистое движение.

При помощи соответственной зубчатой передачи (мультипликатора), увеличивающей число оборотов, цилиндры могут делать 17 — 18 оборотов в секунду, давая таким образом около $18 \times 8 = 144$ снимка в секунду.

В (B) находится компрессор, задерживающий пленку, когда она не увлекается цилиндрами.

Перед окном F пленка слегка защемляется во избежание вибраций, возможных при больших скоростях. Ролик с пленкой помещается сверху (R) в ящике, откуда она подается при помощи

двух барабанов D и K, из которых один (D) вращается при помощи ремня, идущего от рукоятки.

После экспозиции пленка падает в нижний ящик (L), где принимается на соответствующий ролик.

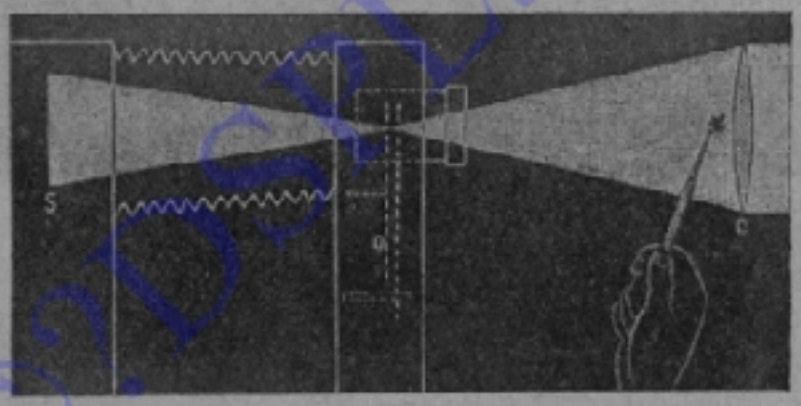
Полет птиц был изучен Мареем при помощи описанного аппарата.

На черт. 154 изображена серия снимков, изображающих фазы одного взмаха крыльев голубя. Взмах длится $^{3}/_{20}$ секунды, как это видно по стрелке хронометра, прошедшей 3 деления.

Черт. 155. Полет чайки (по Марею).

На черт. 155 показана для примера серия снимков полета чайки. Снимков на один взмах дано немного.

Специальный съемочный аппарат Кранца (Cranz) может дать значительно большее число снимков в секунду, благодаря чему

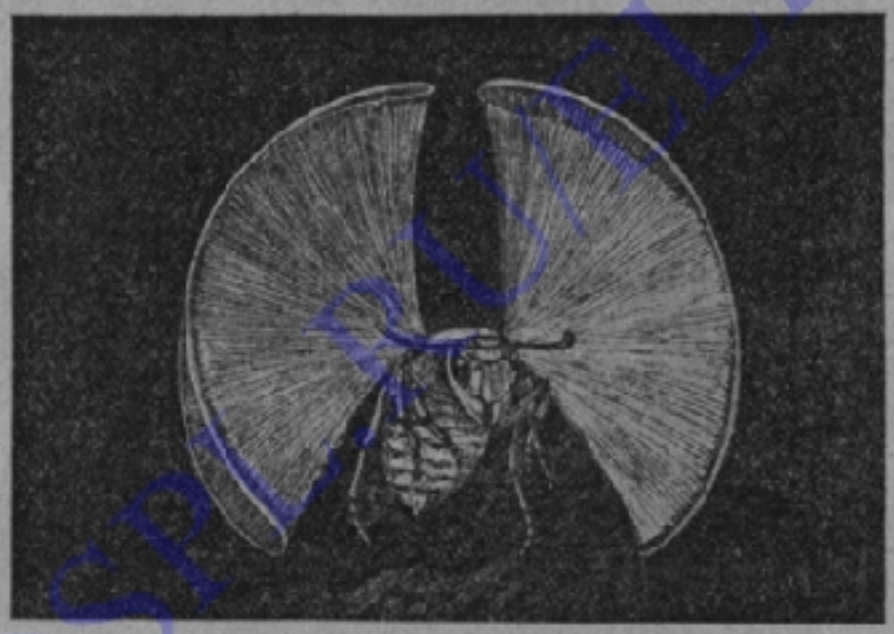


Черт. 156. Прибор Марея для киносъемки насекомых.

выясняются детали движения. Описание этого аппарата будет дано позднее (стр. 173).

Полет насекомых. Для изучения полета насекомых, число взмахов крыльев которых в секунду часто превышает 300, необходимо значительно увеличить число снимков в секунду, соответственно уменьшая время экспозиции и сильнее освещая насекомых.

Еще *Марей* в своем сочинении «La méthode graphique. Le mouvement» (C. R. Acad. des Sc. t. CIV, Séance du 6 juin 1887, p. 248) описывает свои опыты, произведенные для этой цели. Схема прибора Марея изображена на чертеже 156. Источником света служило солнце. Лучи его падали на линзу C и освещали насекомое, помещенное за линзой. Обтюратор (O) состоял из двух дисков с радиальными щелями. Диски вращаются на общей оси в противоположных направлениях. Линейная скорость вращения достигала до 400 метров в секунду; ширина щелей была один миллиметр. При этом время экспозиции получалось около $\frac{1}{25000}$ сек. Снимки получались силуэтные.



Черт. 157. Полет осы (по Марею).

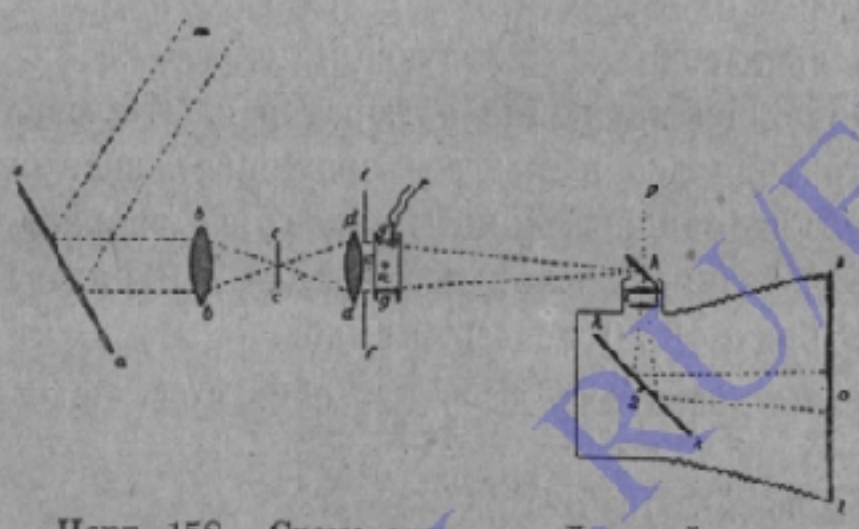
Еще ранее, в 1873 году Марей производил снимки насекомых, помещая источник света (солнце) сзади аппарата и укрепляя на крылах насекомого блестящие наклейки, которые при движении крыльев давали на пластинке ясные линии, характеризующие траекторию крыла. Образец подобного снимка осы приведен на чертеже 157: крылья описывают в пространстве восьмерки [1]).

---

[1]) Движение крыла по восьмерке было открыто еще M. T. B. Pettigreu «On the mechanical Appliances by wich Flight is attained in the animal kingdom». Transactions of the Linnean Society, 1867, p. 233.

К сожалению Марей не воспользовался для этой цели освещением насекомого при помощи электрической искры, которая дала бы более короткую экспозицию, хотя он и применял такие искры для освещения с другими целями, именно для хронофотографирования столба ртути в капиллярном электрометре [1]).

Ленденфельд[2]) еще в 1880 г. начал производить снимки полета насекомых, однако, лишь в 1903 г. ему удалось построить аппарат, несколько удовлетворяющий этой цели. На чертеже 158 изображена схема его аппарата. Лучи солнца, отражаясь от зеркала, собираются линзой b, сзади которой, в фокусе ее, поме-



Черт. 158. Схема аппарата Ленденфельда.

щается диск с диаметра 36 см., с 50 правильно расположенными радиальными щелями длиною 3 см и шириною $^1/_2$ мм. Диск может делать 50 оборотов в секунду и при 50 щелях дает 2500 экспозиций в секунду. Сзади диска находится линза d с более коротким фокусом, чем b, которая вновь собирает лучи. Сзади нее помещается ширма f с круглым отверстием, преграждающая путь крайним лучам. За ширмой расположена камера g из зеркаль-

---

[1]) Этот же прием освещения искрой применяли: 1) Lippman, см. соч. Marey «Le mouvement», t. I, p. 49; Mach «Sitzungsber. d. k. A. d. W.», Wien, 1887, Bd. XCV; Boys «Revue générale des Sciences», 1892, 11e, 9. Последние двое — с целью изучения полета снарядов. Вуд (Wood) пользовался искрой для изучения движения в воздухе звуковых волн («Journal of the Photographic Society» Philadelphia. May 1899).

[2]) Lendenfeld «Sitzber. Akad.», Wien, Bd. 38, S. 355. Его же «Beitrag zum Studium des Fluges der Insekten mit Hilfe der Momentphotographie. Biol. Centralblatt». 1903, S. 227—232.

ного стекла. В эту камеру через трубку r можно вдувать воздух или пар, чтобы заставить летать насекомое n. В месте h, где лучи вновь сходятся, помещено зеркало, которое может вращаться вокруг горизонтальной оси. В среднем своем положении зеркало наклонено к оси светового пучка под $\angle 45°$ и отбрасывает его под прямым углом через линзу i в камеру на зеркало k, которое может вращаться вокруг вертикальной оси. При среднем положении зеркала k оно отбросит изображение на пластинку l. Для измерения времен Ленденфельд бросал сзади ширмы f во время фотографирования дробинки определенного веса, которые проходили через оптическую ось со скоростью 3 м в секунду.

Съемка производилась следующим образом.

Приводился во вращение обтюратор c, открывался затвор h, зеркало h приводилось в быстрое вращение, насекомое побуждалось к полету и одновременно наводилось зеркало h. На пластинке 18×24 Ленденфельд получал 4—10 рядов изображений и в каждом ряду от 20 до 40 снимков.

Экспозиция достигала до $\frac{1}{42000}$ сек. при чередовании снимков через $\frac{1}{2150} - \frac{1}{1600}$ сек.

Описанные методы обладают следующими недостатками: снимки получаются маленькими и неравномерно распределяются по полю пластинки.

Для получения отчетливых изображений освещение необходимо делать гораздо сильнее. Далее, если, например, в секунду нужно сделать 2000 снимков, высотою каждый 2 см, то при съемке на ленту последней пришлось бы дать скорость $2000 \times 0{,}02 = 40$ м в секунду.

Кроме того при передвижении снимка во время экспозиции уже на $\frac{1}{10}$ мм получается расплывчатость; необходимо время экспозиции брать не более $\frac{1}{400000}$ сек.

Эти соображения были приняты во внимание Буллем, к описанию опытов которого мы теперь и переходим.

Опыты Булля [1]). Булль (Bull), работая в институте Марея и изучая полет насекомых, построил аппарат, при помощи кото-

[1]) L. Bull. «La chronophotographie des mouvements rapides». «Travaux de l'association de l'institut Marey». T. II. Paris. 1910.

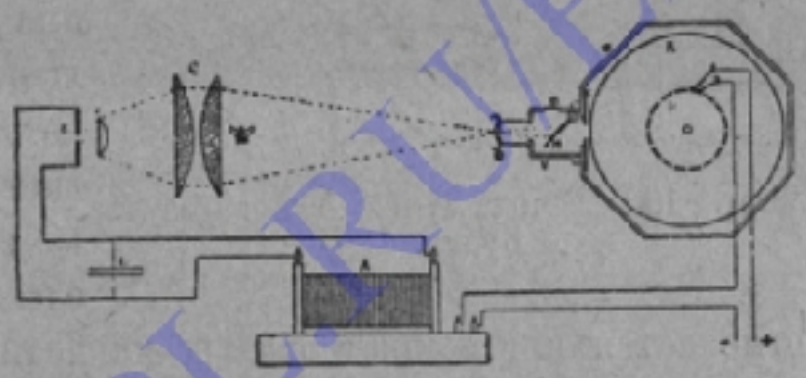
рого он получал 54 стереоскопических снимка в $\frac{1}{40}$ сек. с летящего насекомого.

Экспозиция каждого снимка колебалась от $\frac{1}{10}$ до $\frac{1}{20}$ миллионной доли секунды.

Схема устройства аппарата изображена на черт. 159. Две пленки наматываются на 1 оборот колеса R, приводимого во время опыта во вращение электрическим мотором (40 оборотов в секунду). По окружности колеса помещаются 54 снимка.

Прерыватель J, укрепленный на оси колеса, дает за каждый оборот последнего 54 перерыва в первичной обмотке румкорфовой спирали A.

При каждом замыкании между электродами (из магнезии) E сзади конденсатора Cc получается искра. Конденсатор Cc собирает лучи и отбрасывает их через объектив O на фильму. Каждая искра дает силуэтное изображение насекомого на картинку пленки, находящуюся в этот момент перед объективом.



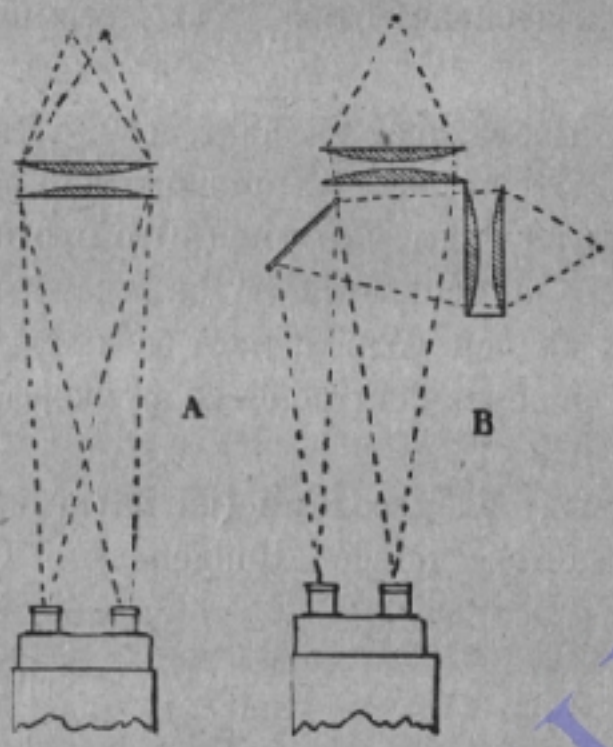
Черт. 159. Схема стереокиносъемочного аппарата Булля.

Числовые данные, относящиеся к аппарату, следующие: колесо диаметром 34,5 см, длина обертывающей его пленки с 54 картинками — 108 см, число замыканий в секунду — 2000. Длина искры — 1 мм. Напряжение первичного тока — 50 Vlt. Сила первичного тока $2^1/_2$ amp.

Время закрытия пленки для промежутка между искрами — $^1/_{2100}$ сек. Касательная скорость прерывателя 15 м в сек. Колесо заключено в восьмигранный ящик B, крышка которого может открываться для смены пленки. Объектив укреплен перед коробкою V, внутри которой помещается зеркальный ящик M, вращаемый вокруг горизонтальной оси. Наблюдатель смотрит через стекло D. После наводки на конус зеркало M прижимается к стеклу D.

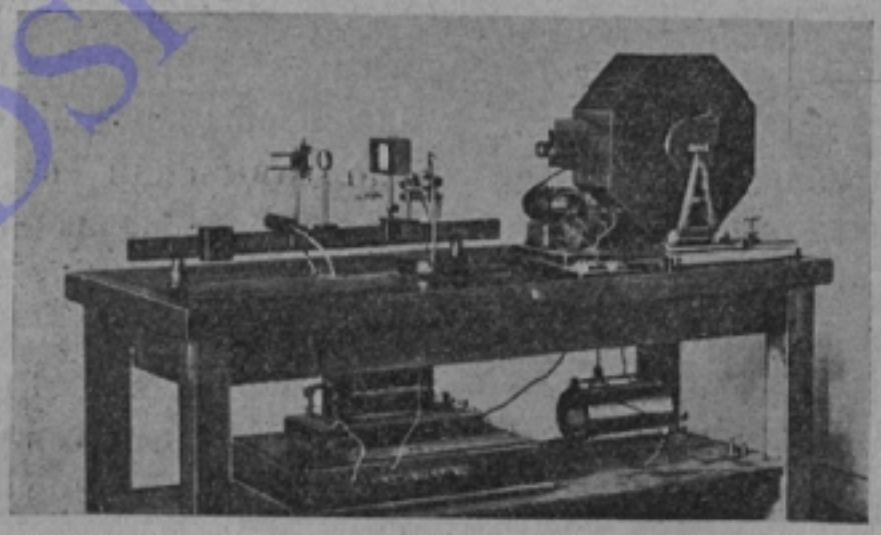
В L на пути вторичного тока помещен конденсатор L для получения более яркой искры. Электроды из магнезии богаты

ультра-фиолетовыми лучами, хорошо действующими на пленку. Для получения наилучшего освещения ее конденсатор сделан из кварца, а объектив — из кварца и исландского шпата.



Черт. 160. Ход лучей в аппарате Булля.

Для получения стереоскопического эффекта применяются две искры, два объектива и две пленки. На чертеже 160 (А) изображен план хода лучей, идущих от двух искр к двум объективам. Для получения видов с других точек зрения (фасад и профиль) можно иначе расположить искры и конденсаторы (черт. В). При аппарате 3 (черт. 159) помещается электрический затвор, который автоматически открывается вначале съемки и закрывается в конце ее, когда колесо сделает один оборот. Время отмечается при помощи электро-магнитного сигнала, управляемого камертоном 50 V. D. Сигнал этот расположен так, что вибри-



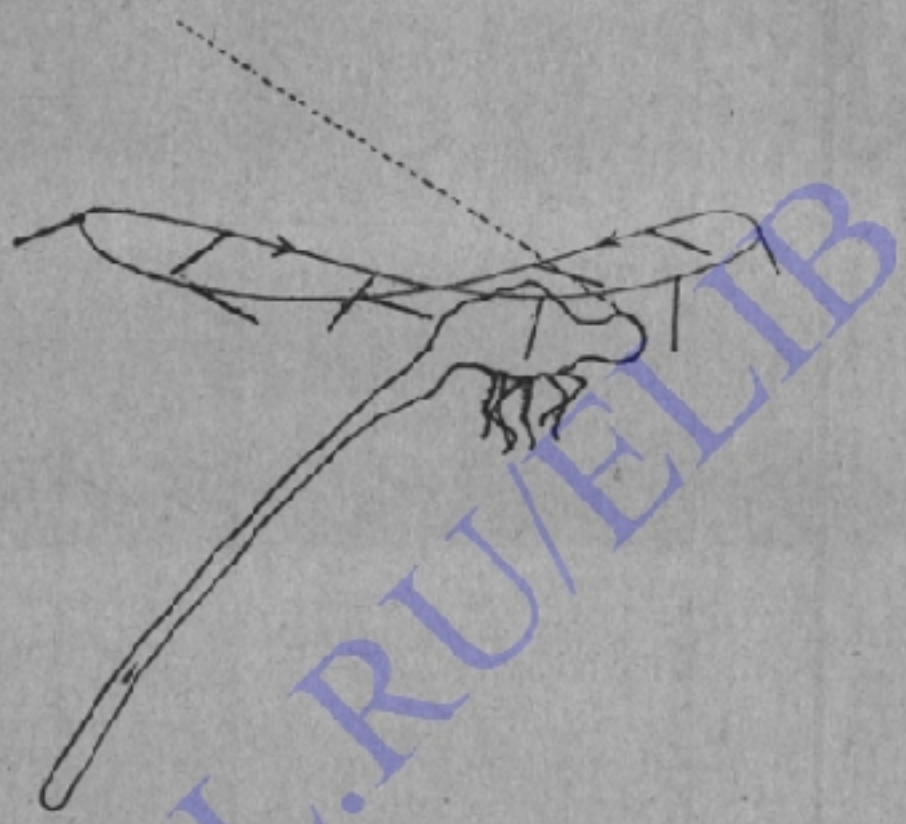
Черт. 161. Общий вид стереокиносъемочного аппарата Булля.

рующие концы его фотографируются во время опытов. Сосчитав число изображений, снятых за период вибрации, легко определить время между каждой парой снимков насекомого.

©?DSPLIB.RU

На фотографию снимается также стеклянная линейка с делениями; при помощи нее можно определить перемещение насекомого.

На черт. 161, изображен общий вид всей установки. Буллем было сделано много снимков с полета насекомых, на основании этих снимков можно было составить представление о движении крыльев их. Например, на черт. 162 показана схема движения крыла стрекозы.



Черт. 162. Схема полета стрекозы (по Буллю).

Буллем был предложен ряд остроумных способов для получения удовлетворительных снимков. Например, насекомое, начиная взлет, само замыкало ток и приводило аппарат в действие; далее оно летело к свету (к окну), почему установка помещалась между насекомым и окном. Желающие ознакомиться с подробностями производства опытов могут найти описание их в упомянутой выше статье Булля.

b) Полет снарядов.

α) Общие замечания.

При изучении и фотографировании полета снарядов приходится обращать главное внимание на два следующие обстоятельства: 1) на быстроту экспозиции и 2) на быстрое чередование снимков одного за другим. Действительно, принимая, например, скорость полета снаряда 600 м в секунду, и допуская, что во время экспозиции одного снимка изображение может переместиться на величину не свыше $\frac{1}{10}$ мм, получим время экспозиции $t = \frac{1}{6.000.000}$ сек. При $v = 1000$ м/с. получим соответственно $t = 0{,}0000001$ сек.

ТАБЛ[ИЦА XIV.]

Фотографирован[ие быстрых движений.]

№ по порядку.	Экспериментаторы.	Год.	Цель опыта.	Условия освещения.	Экспозиция одного снимка (сек.).	Время между снимками (сек.).	Во время опытов было сделано снимков.		Число снимков, отнесенное на одну сек.	Скорость движен. ленты в метр. в сек.	Скорость полета снаряда, метр./сек.
							Число.	Во время (сек.).			
1	Английское правительство (Woolwich) . . .	1866	Фотографирование летящего снаряда.	Солнце.	—	—	—	—	—	—	—
2	O. Anschütz	1888	Тоже.	»	0,0001	—	1	—	—	—	400
3	Marey.	1882	Фотографии людей, животных и птиц	»	0,002	—	12	1	—	—	—
4	Deutsche Artillerieprüfungskommission . . .	1892	Фотографирование снаряда.	»	—	0,001	12	—	—	—	—
5	L. Lumière.	1894	Фотографирование людей кинематографом	»	$\frac{1}{50}$ — $\frac{1}{72}$	—	—	—	16	—	—
6	Maybridge	1872	Фотографирование лошади.	»	0,001—0,002	$^1/_{25}$	12—30	—	—	—	—
7	O. Anschütz	—	Фотографирование людей и животных	»	0,001	—	24	0,72	—	—	—
8	Janssen	1873	Фотографирование Венеры.	»	$^1/_{800}$	70	—	—	—	—	—
9	Marey.	—	Фотографирование насекомых	»	$^1/_{2500}$	—	—	—	110	—	—
10	J. Athanasiu	—	Тоже.	»	—	—	—	—	140	—	—
11	Markelyne	1896	Кинофотография снаряда .	»	—	—	—	—	200	—	—
12	Jenkins	—	Кинематография	»	—	—	—	—	250	—	—
13	Marey.	—	Фотографирование движения ртути в Липпманновском электрометре . . .	Электрич. искры.	—	—	—	—	—	—	—
14	E. Mach u. P. Salcher. .	1884	Фотографирование снаряда.	»	0,000002	—	—		—	—	167—1000

©DSPL.RU/ELIB

№ по порядку.	Экспериментаторы.	Год.	Цель опыта.	Условия освещения.	Экспозиция одного снимка (сек.).	Время между снимками (сек.).	Во время опытов было сделано снимков.		Число снимков, отнесенное на одну сек.	Скорость движен. ленты в метр в сек.	Скорость полета снаряда.
							Число.	Во время (сек.).			
15	L. Mach.	1892—93	Фотографирование снаряда.	Электрич. искры.	—	—	—	—	—	—	—
16	V. Boys (England) . . .	1893	Тоже.	»	—	—	—	—	—	—	—
17	Q. Majorana-Calatabiano u. A. Fontana	—	Тоже.	»	—	—	—	—	—	—	—
18	Nonn	—	Тоже. Гипсовая модель . .	»	—	—	—	—	—	—	—
19	C. Cranz u. K. Koch . .	1896	Фотографирование снарядов и газов.	»	—	—	—	—	—	—	—
20	Wood.	1899	Фотографирование звуковых волн в воздухе. . .	»	—	—	—	—	—	—	—
21	Neesen	1903—06	Изучение полета снаряда .	Светится сам снаряд.	—	—	—	—	—	—	162
22	Hill	—	Фотографирование снарядов	»	—	—	—	—	—	—	485
23	Lendenfeld.	1903	Фотографирование . . .	Эл. искр.	$\frac{1}{42000}$	$\frac{1}{1600} - \frac{1}{2150}$	—	—	2000	—	—
24	L. Bull	1904	Фотографирование насекомых	»	$\frac{1}{100000}$	—	54	—	2000	—	—
25	H. Boas	—	Фотографирование вообще на ленту	»	$\frac{1}{100000}$	—	—	—	—	140	—
26	Kranzfelder	—	Фотографирование снаряда	»	—	0,0007—0,0009	—	—	—	—	—
27	Schwinning	—	Тоже.	»	—	0,0002	—	—	—	100	870
28	Bensberg	1907	Тоже.	»	—	0,000025	30—40	—	40000	—	—
29	C. Cranz.	—	Фотогр. снаряда и определение скорости полета .	»	$\frac{1}{1700000}$	$\frac{1}{5000}$	700	—	5000—100000	140	885
30	J. Schatte	—	Тоже.	»	—	0,00003	—	—	50000—100000	—	880

©DSPL.RU/ELIB

Чтобы получить в сравнительно небольшом поле зрения серию последовательных снимков, например 500, необходимо прибегать помимо движения ленты или фотографической пластинки еще и к другим приспособлениям.

Освещения снаряда солнцем оказалось недостаточным. Поэтому прибегли к освещению прерывистой электрической искрой, число перерывов которой в секунду может быть весьма велико и при каждом перерыве может быть произведен снимок с снаряда, летящего на фоне света искры. Таким образом получаются *силуэтные* снимки снаряда. Придавая различными способами разную преломляемость и разные свойства воздуху, окружающему летящий снаряд, удалось сфотографировать воздушные волны, что дало, в свою очередь, указание на выбор формы снаряда в смысле наименьшего сопротивления воздуха его полету.

Подробности типичных опытов по этому вопросу приведены ниже. Здесь же мы помещаем таблицу, в которой сопоставлены различные данные, характеризующие в хронологическом отношении опыты над фотографированием быстрых движений [1]).

Из этой таблицы видно, что, начиная от экспозиции в $\frac{1}{50}$ сек. (Lumière), опыты производились до экспозиции в $\frac{1}{1.700.000}$ сек.

---

[1]) Литература вопроса:

E. Mach und L. Mach. «Wien. Akad. Bericht.». Abt. II. 1877, 78, 85, 87, 88, 89, 92, 93, 96, 97, 98.

Töpler. «Beobachtungen nach einer neuen optischen Methode». Bonn. 1864 и «Arch. Art. Ing.» 1887.

A. v. Obermayer. «Mitt. Geg. Art. Gen. Wes.» 1897.

Rieckeheer. «Kriegstech. Zeitschr». 1900.

V. Boys. «Revue générale der sciences pures et appliquées». 1892 и «Nature». 1893.

Q. Maj. Calatabiann u. A. Fontana. «Rivista d'artigl. e. gen.», 1896.

F. Neesen. «Verhandl. d. deutsch. phisik. Gesellsch.». 1902 и «Arch. f. d. Artill. u. Ingen. Offiz». 1889.

Kranzfelder u. W. Schwinning. «Die Funkenphotographie...» Berlin. 1905.

W. Schwinning. «Zeitschr. f. d. 5-er Schiefs. u. Sprengst. Wes.» 1909.

C. Cranz. «Lehrbuch der Ballistik». Bd. I, III, IV, Leipzig u. Berlin. 1910, 13.

В. Швиннинг. «Применение искровой фотографии в оружейной технике». Перев. с нем. В. О.

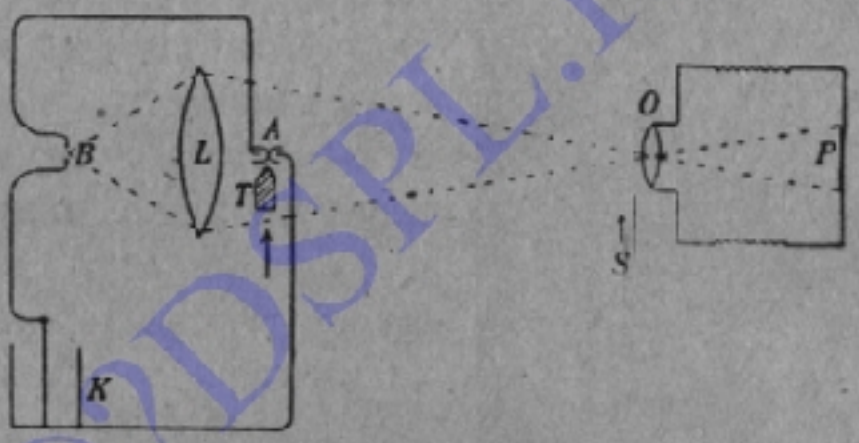
Частота снимков, отнесенная на одну секунду, была от 1 до 100.000 (фактически не более 700 снимков — Cranz). Скорость движения ленты доходила до 140 м в сек. Время между снимками было до $\frac{1}{5.000}$ сек.

Рассмотрим теперь подробнее опыты некоторых экспериментаторов, изучавших полет снарядов при помощи фотографии и кинематографии, при чем эти опыты разделим на две группы. К первой группе отнесем тех, при которых производились лишь моментальные единичные снимки с летящего снаряда и окружающего его воздуха (опыты Маха, Швиннинга и Ниисена).

Ко второй группе отнесем собственно кинематографические опыты, при которых получалась серия последовательных снимков баллистического характера (опыты Швиннинга и Кранца).

β) *Моментальные одиночные снимки.*

Опыты Маха. Установка Маха заключалась в следующем (черт. 163). Электрический ток мог циркулировать в цепи КВАК,



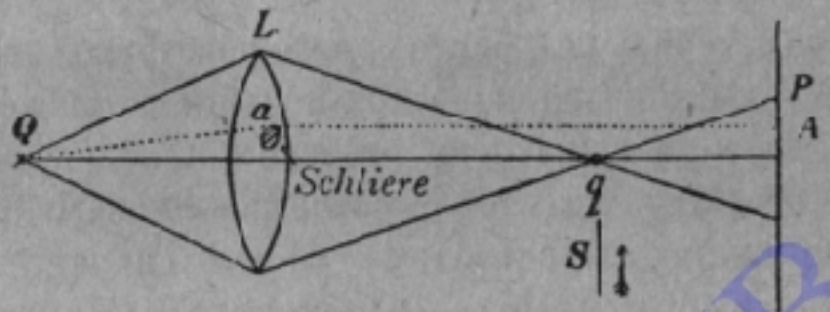
Черт. 163. Съемка снаряда (по Маху).

где К—лейденская банка, А и В — места прерывания тока. Цепь так устроена, что искра в В могла лишь появиться, когда произойдет металлическое соединение в А. Свет от искры В собирается линзой L и направляется в объектив О и на пластинку Р фотографической камеры. Снаряд Т, пролетая между концами проволоки А, замыкает ток и фотографируется на Р в виде темного силуэта на светлом фоне, даваемого искрой.

Время экспозиции, как уже было указано в таблице, достигало 0,000002 сек.

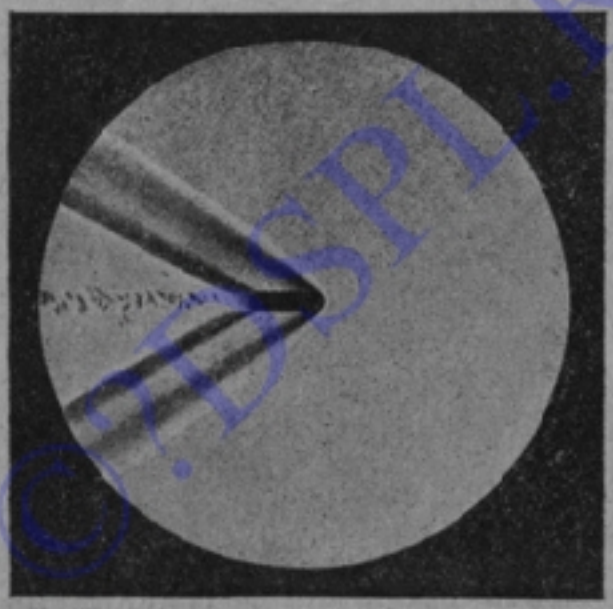
RUELIB
©DSPL.RU

Для фотографирования деформаций воздуха, окружающего снаряд в время полета, Махом [1]) был применен способ [2]) Фуко-Тёплера (Foucault-Töpler), заключающийся в следующем (черт. 164). Лучи света, идущие от искры Q, собираются линзой L в месте q.



Черт. 164. Схема съемки деформаций воздуха (по Фуко-Тёплеру).

На фотографической пластинке P появится изображение линзы L в виде равномерно освещенного светлого пятна. Если же в точке q, где расположен объектив, поставить маленькую диафрагму S, то на пластинку P свет не попадет. Предположим теперь, что в линзе L имеется маленький пузырек *a*, или около линзы имеется слой воздуха иной преломляемости, нежели сама линза. Тогда лучи, проходящие через это место, минуют фокус q и расположенную в нем диафрагму S и дадут экспозицию на пластинке P. Таким образом дадут изображение лишь неправильно преломившиеся лучи и изображение получится светлым на темном фоне. Если же, наоборот, закрыть диафрагмой неправильно преломляющиеся лучи, то изображение получится темным на светлом фоне. В качестве преломляющего фактора (a) может служить теплый воздух от зажженной свечи или углекислый



Черт. 165. Аэродинамический спектр пули (по Маху).

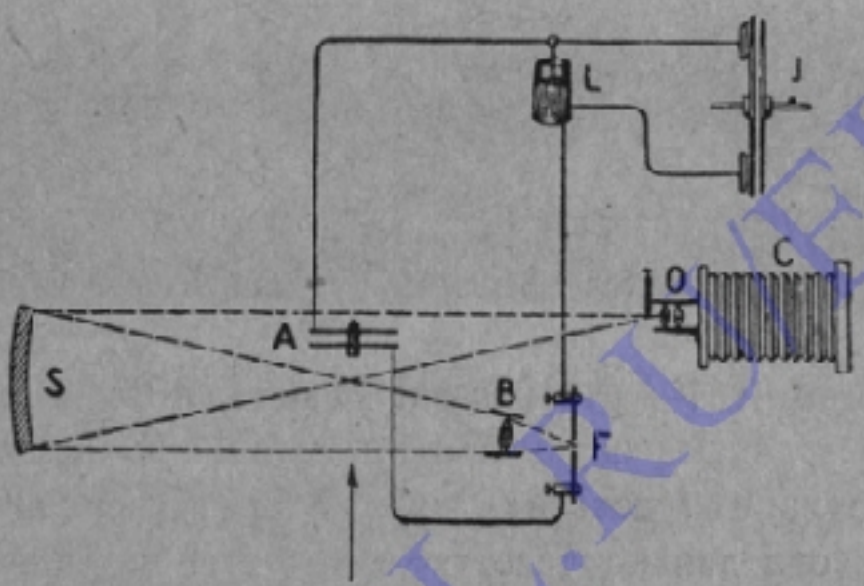
[1]) Опыты производились E. Mach'ом и P. Salcher'ом.
[2]) Способ этот называется Schlierenmethode.

газ. Наконец, сгущенный воздух, из которого состоит головная волна пули, отвечает этому условию, так как он отклоняет лучи света иначе, нежели нормальный атмосферный воздух.

Снаряд пролетает около линзы L.

На черт. 165 изображен снимок с летящей пули и окружающей ее головной волны. Видны воздушные вихри сзади пули. Подобное изображение деформированного воздуха называется *аэродинамическим спектром пули.*

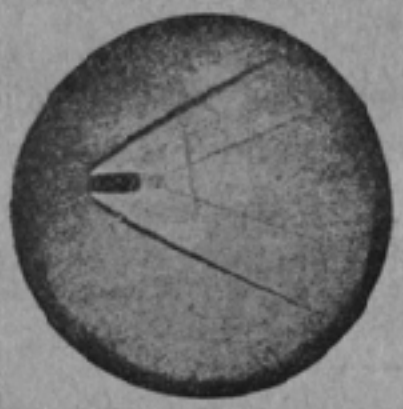
Опыты Швиннинга. Швиннинг, в Германии, изучая действие пули на разные препятствия и выясняя наивыгоднейшую



Черт. 166. Схема прибора Швиннинга.

форму пули, продолжал опыты Маха и построил прибор для фотографирования аэродинамического спектра пули. Схема этого прибора изображена на черт. 166. Лейденская банка L, заряжаемая от электроформной машины J, дает перескакивающую у F электрическую искру, служащую источником света. Все аппараты установлены в обширном, совершенно темном помещении. Через отверстие в двери производится выстрел. Пуля, направление полета которой показано стрелкою, улавливается ящиком, наполненным сухим песком. Свет искры падает через конденсатор B на большое вогнутое зеркало S, от которого он отражается на объективе O фотографического аппарата, а через него на помещенную в нем открыто фотографическую пластинку. Пуля сама вызывает образование искры, на мгновение замыкая цепь между стержнем и обкладкой лейденской банки таким образом, что пуля будет находиться как раз у A в конусе света, когда

перескакивает искра. Для этого, например, применяются обклеенные с обеих сторон листовым оловом парафиновые диски, которые пуля пробивает и при этом, прикасаясь одновременно с обеими обкладками из листового олова, замыкает цепь. Перед объективом была установлена диафрагма для улавливания нормально преломленных лучей по способу Фуко - Тёплера.



Черт. 167.

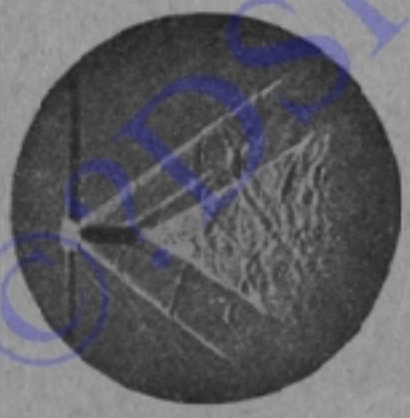
Черт. 168.

Черт. 169.

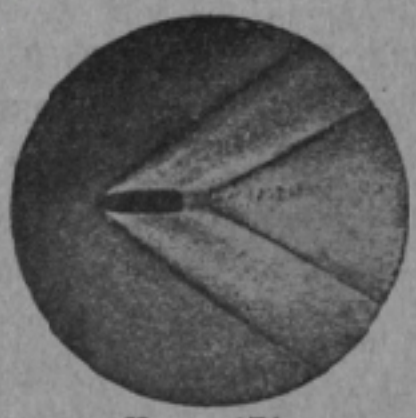
Аэродинамические спектры пуль (по Швиннингу).

На чертеже 167—172 показаны снимки Швиннинга, характеризующие аэродинамические спектры пули при разных условиях.

На чертеже 167 показана пуля с притупленной вершиной. Перед собой она движет толстую воздушную подушку, с которой головная волна стекает в виде толстых струй.



Черт. 170.



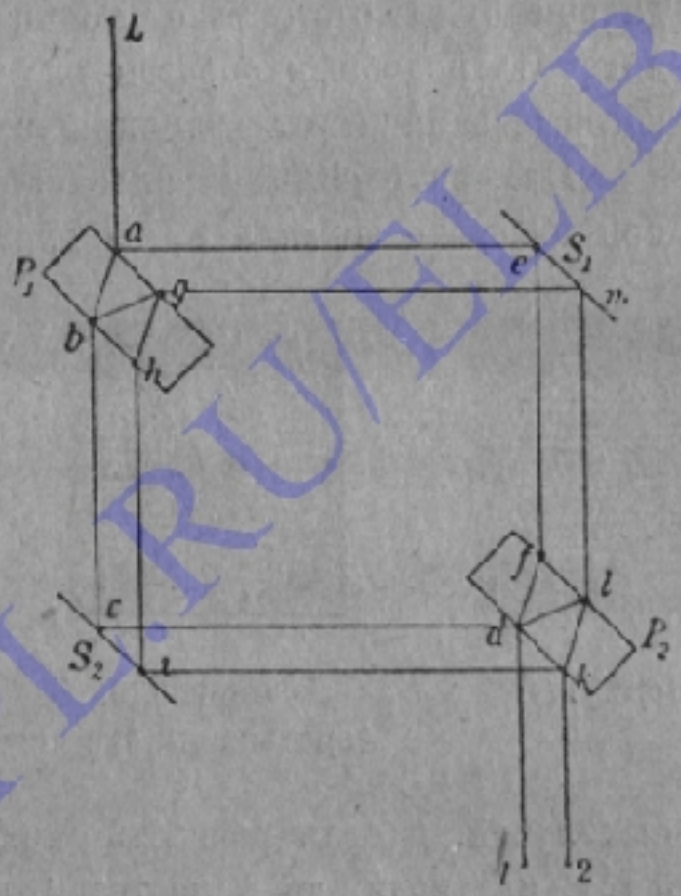
Черт. 171.

Черт. 172.

Аэродинамические спектры пуль (по Швиннингу).

На чертеже 172 показана пуля пистолета парабеллум. Скорость полета ее меньше предыдущей, потому и угол головной волны ее менее острый. Если скорость пули менее скорости звука, то головная волна исчезает совсем (черт. 169). У пули с неправильным полетом головная волна сильно деформирована, и канал

прохождения пули в воздухе шире и наполнен более заметными вихрями (черт. 168). На черт. 171 показаны головные волны прежней пули с округленной головной частью. Вследствие большой начальной скорости новой остроконечной пули, головная волна ее острее, нежели у прежней пули; кроме того, головная волна последней сильно искривлена, между тем как у первой она более приближается к правильному конусу. Сильное искривление или выпучивание головной волны вызывается поглощением сгущенным воздухом энергии вблизи пули и показывает, что форма пули, незаостренной к вершине, невыгодна для преодоления сопротивления воздуха.



Черт. 173. Схема интерференц-рефрактометра Маха.

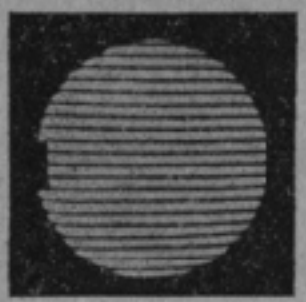
Массы сгущенного воздуха способствуют распространению звуковых волн, из которых состоит головная волна; поэтому они и увеличивают угол головной волны вблизи пули, при чем этот угол принимает нормальное для поступательной скорости пули растворение лишь на известном расстоянии от пули, соответственно понижению сгущения воздуха. Чертеж 170 изображает пулю вблизи дула ружья, выпущенную при сильно уменьшенном заряде. Видно, как несгоревшие частицы пороха влекут за собой свои головные волны.

Опыты Е. Маха и Л. Маха. С целью фотографирования аэродинамического спектра пули, отец и сын Е. Мах и Л. Мах построили прибор, названный ими *интерференц-рефрактометром.* Устройство этого прибора следующее (черт. 173). В углах прямоугольника $P_1 S_1 P_2 S_2$ помещены два плоских посеребренных зеркала S_1 и S_2 и две плоско-параллельных стеклянных пластинки P_1 и P_2, одинаковой толщины. Пластинки и зеркала строго параллельны друг другу и наклонены к сторонам прямоугольника под углами в 45°.

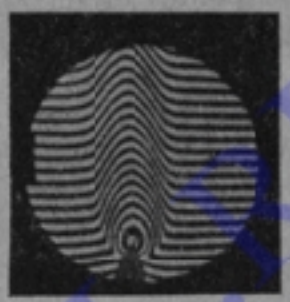
Из светящейся точки (искры) L свет падает на P и здесь делится на две части. Одна часть идет по пути a e f d 1, другая — по пути a b c d 1. Так как зеркала и пластинки строго параллельны, а пластинки одинаковой толщины, то пути a e f d и a b c d будут одинаковой длины и разность этих длин равна нулю. Для возникновения интерференции не будет никакого повода и лучи дадут в точке 1 *освещение*.

Далее часть света пойдет по путям a b g h i k 2 и a e f d l k 2 и по тем же соображениям даст освещение в точке 2, которая тем дальше будет отстоять от точки 1, чем толще пластинки. Можно получить подобным образом ряд светлых мест 1, 2, 3, 4 . . ., число которых зависит от величины пластинок.

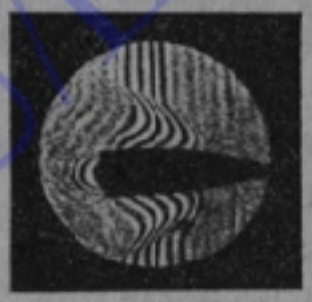
При изменении параллелизма пластинок и зеркал, например при повороте зеркала S_1 изменятся и длины путей соответствен-



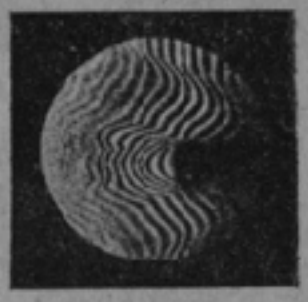
Черт. 174.



Черт. 175.



Черт. 176.



Черт. 177.

Аэродинамические спектры пули по Маху.

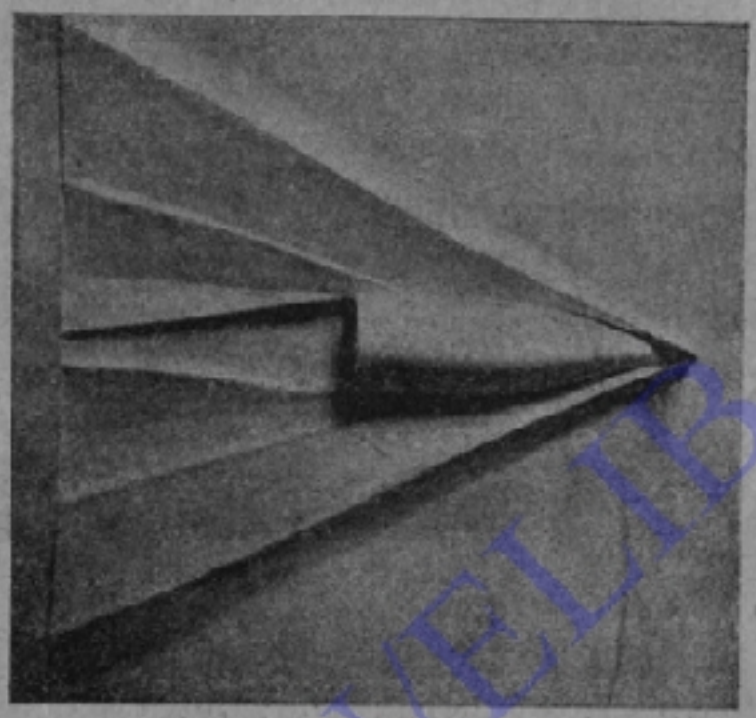
ных лучей, и если разность этих путей будет равняться 1, 3, 5 и т. д. полуволн, то в местах 1 и 2 получится, благодаря интерференции, *затемнение*, чередующееся с освещением. Вместо поворота зеркала S_1 можно изменить плотность воздуха между зеркалом S_1 и пластинкой P_1, например, поместив здесь пламя свечи или летящую пулю. Если в 1 расположить фотографический аппарат, то на пластинке его получится аэродинамический спектр.

На черт. 174 показано изображение на пластинке светлых и темных полос при соответственном повороте зеркал S_1 и S_2. При горении свечи между S_1 и P_1 получается спектр 175. При полете снаряда — спектры 176 и 177.

По величине искривлений полос можно вычислить изменение плотности деформированного воздуха в любом месте у снаряда [1]).

[1]) Подробности см. P. Cranz «Lehrbuch der Ballistik», Bd. III, St. 254.

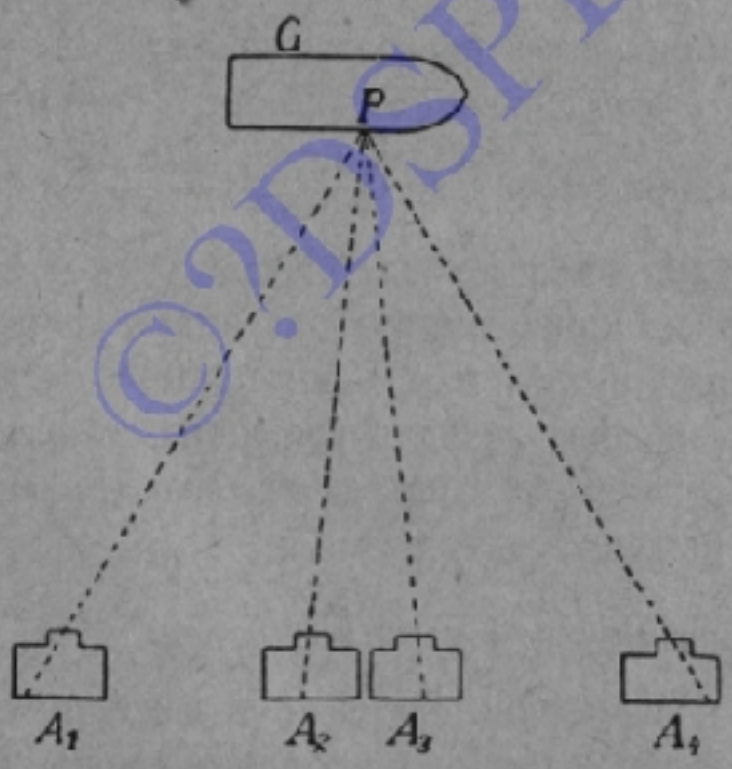
Нонн (Nonn) на основании подобных снимков и соответственных подсчетов сделал гипсовую модель летящего снаряда с окружающим ее воздухом (черт. 178).



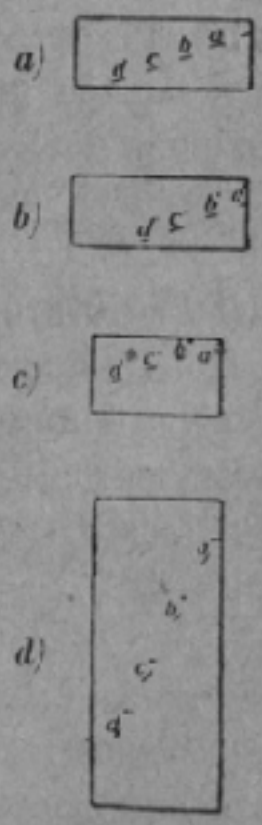
Черт. 178. Модель аэродинамического спектра пули по Маху.

Опыты Ниисена (Neesen). Ниисен произвел ряд опытов для изучения элементов полета снаряда: скорости его вращения, поступательной скорости, угла вылета, угла падения и т. д.

Схема установки его была следующая (черт. 179). Снаряд G во время полета выбрасывал через отверстие P светящийся состав. Опыты производились ночью. Вблизи траектории полета параллельно ее плоскости в том месте, где определялись элементы полета, устанавливались четыре фотографических аппарата A_1, A_2, A_3, A_4,



Черт. 179. Установка Ниисена.



Черт. 180. Схема снимков по Ниисену.

©2DSPLIB RUELIB

строго ориентированных друг от друга и от плоскости полета. Центры их пластинок находились на одной горизонтали, объективы имели одинаковые фокусные расстояния.

Аппараты A_1 и A_4 имели неподвижные фотографические пластинки. В аппарате A_2 помещалась пленка, навернутая на барабан с горизонтальной осью. Барабан этот во время опыта вращался с определенной скоростью. В аппарате A_3 помещалась неподвижная пленка с такой же кривизной, что и в аппарате A_2. При полете вращающегося снаряда мимо аппаратов на пластинках получались изображения светящегося газа в виде черточек (черт. 180). Положение середин соответственных штрихов в аппаратах A_1 (a b c d) и A_4 (a′ b′ c′ d′) в связи с удалением аппаратов и с их фокусным расстоянием даст, по теории фотограммометрии, координаты полета снаряда. В аппарате A_2 на вращающейся пленке получаются штрихи a‴, b‴, c‴, d‴, а в аппарате A_3 — штрихи a″, b″, c″, d″. При помощи этих картин можно определить скорость вращения снаряда. Пусть время одного оборота барабана 0,489 сек. при окружности его 1578 мм. Расстояние по вертикали между соседними штрихами, например c‴ и b‴ на снимке (d) аппарата A_2, должно быть уменьшено на расстояние по вертикали между соответственными снимками c″ и b″ аппарата A_3 (черт. c). Разность дает путь, который вращающаяся пленка пройдет при одном повороте снаряда. В рассматриваемом примере этот путь равен 54,125 мм. Время одного поворота снаряда получается равным: $\frac{54{,}125 \cdot 0{,}489}{1578} = 0{,}01675$ сек., что соответствует 59 оборотам в секунду.

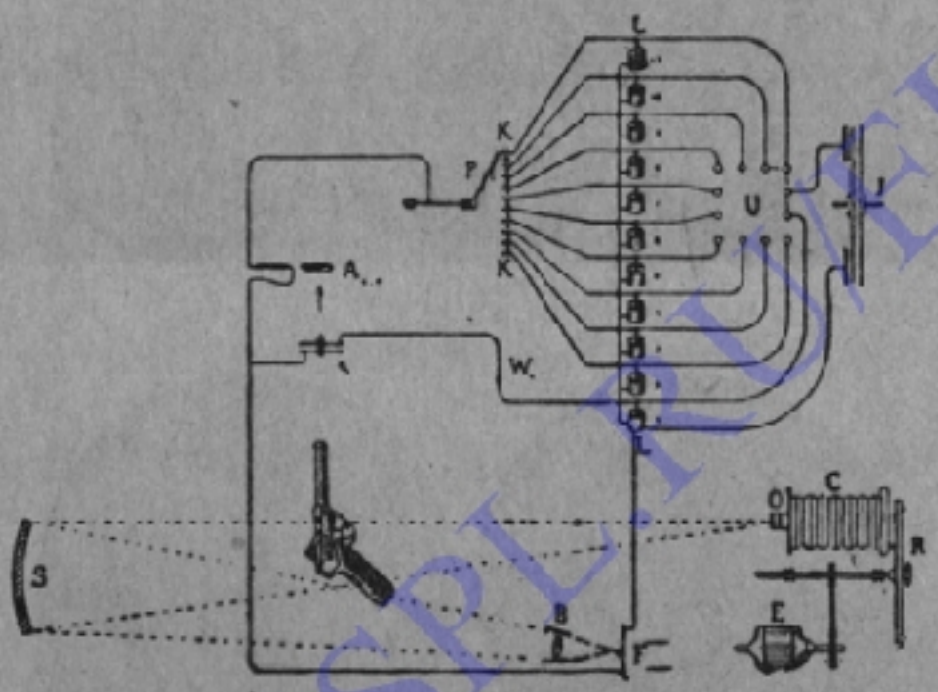
При измерении расстояния между штрихами b и c′ или b′ и c′ на снимках аппаратов A_1 и A_4 (фиг. a и b) получилось 2,72 м., которые снаряд пропел за одно вращение, т.-е. за время 0,01675 сек. Отсюда получаем поступательную скорость снаряда: 2,72 : 0,01675 = = = 162 метра в секунду.

γ) *Баллистический кинематограф.*

Переходим теперь к описанию опытов, при которых получалась серия последовательных снимков с летящего снаряда и явлений при разрушении им разных препятствий. Установка подобного рода называется *баллистическим кинематографом.*

Баллистический кинематограф Швиннинга. Схема устройства прибора Швиннинга заключалась в следующем (черт. 180). Соответственно построенное и нижеописанное приспособление Р К соединяет последовательно ряд лейденских банок с местом разряда F. Благодаря этому получается возможность получить последовательный ряд вспышек (обычно 10). Свет от искры F попадает на вогнутое зеркало S, от него на фотографируемый предмет (кость и т. п.) и затем в камеру С.

Чтобы снимки не перекрывали один другой, пластинка R при помощи мотора Е вращается с касательной скоростью до 100 м.



Черт. 181. Баллистический кинематограф Швиннинга.

в секунду. Экспозиция каждого снимка составляет около 0,0002 секунд. Автоматическое приспособление для передавания вспышек состоит из некоторого числа изолированных стержней К, соединенных с лейденскими банками; перед стержнями быстро вращается наклеенная на гуттаперчевом круге контактная платиновая лента Р, образующая соединение цепи, как только эта лента скользит по одному из стержней К. Пуля, проходя в месте а, устанавливает соединение и дает возможность появиться искрам F. Приспособление же А, разбиваемое пулей, прекращает искры. На схеме изображен пистолет парабеллум, фотографируемый для изучения выбрасывания патрона и действия затвора.

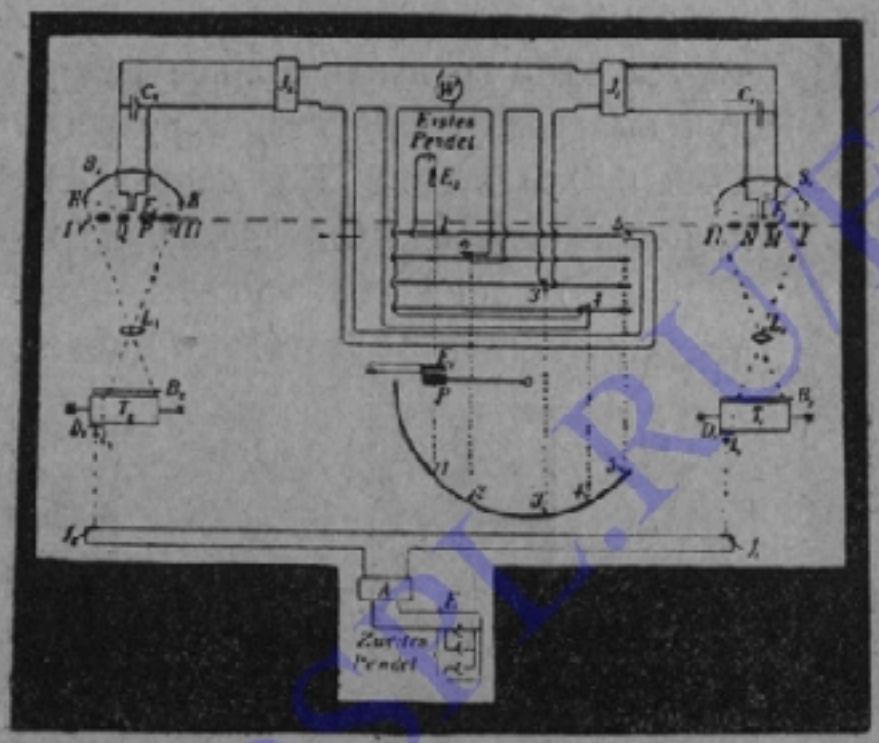
На черт. 182 изображены фазы пробивания кости пулею из пехотной винтовки образца 1888 г. с дистанции 800 метров. Кость изображена вскоре после выхода из нее пули. На чертеже вверху слева пуля еще видна справа. Частицы костного мозга отскакивают вперед и назад. Так как время 0,0002 сек. было недостаточно для образования осколков кости, то последняя мало изменилась по внешнему виду. На черт. (вверху в середине), где пуля находится от кости на расстоянии 27 см, осколки начинают отделяться, а на последующих снимках, соответствующих расстояниям пули в 52 см, 80 и 135 см, они отлетают далее.

Черт. 182. Разрушение кости пулей (по Швиннингу).

Баллистический кинематограф Кранца. Кранц, в Германии, построил аппарат для фотографирования летящего снаряда, поражения им различных препятствий и для определения скоростей полета снаряда. Ему удалось получать до 700 последовательных снимков с одного и того же летящего снаряда.

Аппарат Кранца представлял из себя комбинацию принципа фотографирования Маха, идеи беспроволочного телеграфа и кинематографа. В отличие от аппарата Маха, у которого искры получались при замыкании тока самим снарядом, у Кранца съемка производилась при свободном полете снаряда. Далее

Кранц измерял скорости полета снаряда в начале и в конце прохода последним пути в 50 м. Схема аппарата Кранца изображена на чертеже 183. В первичной цепи W $23J_1W$ при помощи машины переменного тока большой частоты W (подобной применяемой в беспроволочном телеграфе) возбуждаются короткие и противоположно направленные токи с частотой 5000 в секунду. Каждый из этих токов индуцирует во вторичной цепи J_1 F_1 J_1 с индуктором J_1 ток высокого напряжения, который дает в F_1 искру. Для усиления искры bC_1 помещается конденсатор, который действует подобно резонатору в беспроволочном



Черт. 183. Баллистический кинематограф Кранца.

телеграфе. При таком устройстве в F_1 получается в секунду 5000 искр длиною по 1 мм. Свет от искр отражается в вогнутом зеркале S_1 диаметр. 60 см, и попадает на объектив L_1. Пролетающий мимо зеркала снаряд изображается при каждой вспышке при помощи объектива L_1 на непрерывно двигающуюся ленту (на чертеже не показана) со скоростью 90 м в секунду (при позднейших опытах скорость ленты доходила до 140 м в сек.) Экспозиция каждого снимка продолжалась от $\frac{1}{10}$ до $\frac{1}{20}$ миллионной доли секунды. Число снимков за один пролет снаряда достигало до 700. При помощи подобного устройства Кранц изучил действие самозаряжающихся ружей, схему выстрела и взрыва газов, поражения снарядами различных препятствий, и

полет птиц и т. п. На чертеже 183 показана серия снимков при выстреле из пистолета, пробивании пулею кости. Пуля летит справа налево (видна на 2—6 снимках сверху). Разрушение кости начинается через сравнительно долгое время после прохода пули и продолжается долго (снимки еще не все показаны). Наибольшее разрушение происходит не от самой пули, а от следующих за ней воздушных волн. На снимке показано и приближение к кости дыма от выстрела. Кость была не вполне разрушена. Наоборот, на чертеже 185 показано полное разрушение кости при выстреле из пехотного ружья со скоростью пули 640 м в сек. На первом снимке видна приближающаяся пуля (слева). На втором снимке пуля пробивает кость; на третьем она уже вышла из поля зрения. На остальных снимках показано

Черт. 184. Поражение кости пулей (по Кранцу).

Черт. 185. Поражение кости пулей (по Кранцу).

Черт. 186. Разрушение глиняного шара пулей (по Кранцу).

влияние сопутных волн. Осколки летят вперед и назад благодаря вихрям. Явление обратного движения осколков поражен-

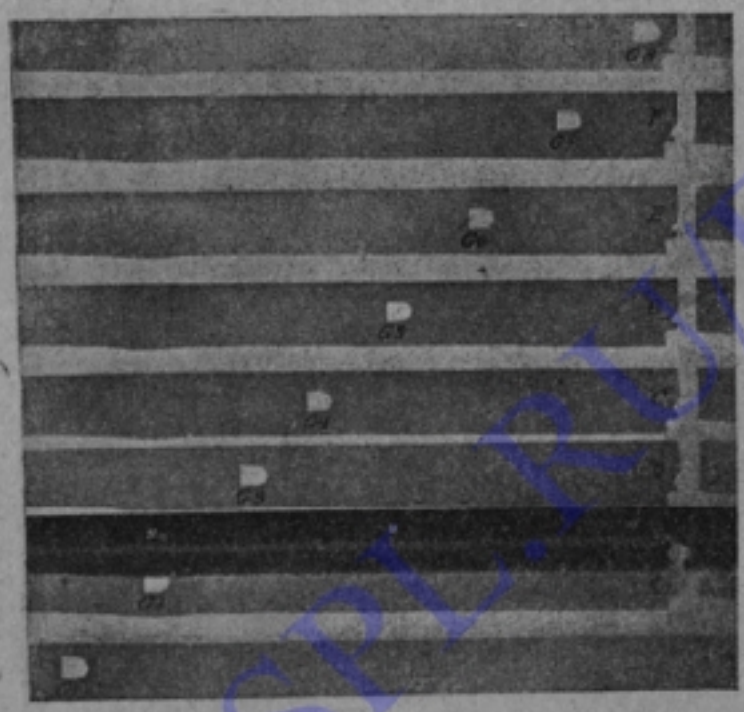
ного предмета наглядиее выясняется при пробивании пулей пузыря с водой или шара из сырой глины. Серия снимков разрушения последнего показана на чертеже 186. Этим объясняется случай сильного разрушения черепа при попадании пули в лоб.

Если маленькая пуля попадает в большую рыхлую массу, то происходит последовательно как бы открывание наружу и затем закрывание внутрь пробитого отверстия. На черт. 187 изображено пробивание пулей шара из сырой глины. На первом снимке видна приближающаяся пуля, на 2—4 заметно раскрытие краев отверстия наружу, на 5—8 отверстие начинает закрываться внутрь (влияние после действия снаряда). На чертеже даны три вырезки из фильмы.

Черт. 187. Разрушение глиняного шара пулей (по Кранцу).

Измерение скорости полета Кранц производил следующим образом (черт. 183). Объектив L, который для вышеописанной кинематографической съемки имел обычное фокусное расстояние, теперь заменяется длиннофокусным. Далее пленка, шириною 25 см, навертывается на барабан T, вращающийся со скоростью 10000 оборотов в минуту. Непосредственно перед фильмою помещается щелевая бленда B_1 высотою 1 см и шириною 25 см. Число оборотов барабана относительно частоты искр так урегулировано, что снимки не перекрывают друг друга, но располагаются друг за другом. При полете снаряда мимо зеркала на фильме получается серия отчетливых силуэтных снимков, смещенных друг относительно друга так, что соединяющая их линия является прямой. На чертеже 188 показан пример подобного снимка с барабана. $G_1 — G_5$ пять снимков снаряда. Скорость полета определяется парой последовательных снимков и равна тангенсу угла ACB. Ошибки, возможные благодаря объективу L и растяжению фильмы, исключаются бла-

годаря одновременному фотографированию на фильму шкалы, установленной вдоль линии полета снаряда. Вертикальное расстояние BC между картинками определяется, исходя из длины окружности барабана T_1 и числа его оборотов. Ошибка в определениях достигала лишь $\pm 0{,}2$ до $\pm 0{,}3$ метра в секунду, что при скорости полета снаряда 900 м в секунду составляет $\pm 0{,}03\%$. Такая большая точность опытов позволила определить изменение скоростей полета снаряда при пробивке им разных препятствий. Например, снаряд, летящий со скоростью 352,4 м в секунду при проходе через 4 мм. свинцовую пластинку потерял в скорости менее 3,2 м. в секунду.



Черт. 188. Измерение скорости полета пули (по Кранцу).

Кроме того Кранц определял влияние сопротивления воздуха при полете снаряда. Для этого он измерял скорости полета в двух местах, S_1 и S_2, отстоящих друг от друга на 50 метров. Снаряд проходил мимо зеркал S_1 и S_2 и снимался на фильмах, навернутых на барабанах T_1 и T_2. Результат измерения для одного примера был следующий: на длине 45,68 м скорость снаряда с 892,6 м уменьшилась на 56,4 м в секунду. Наконец, Кранц изучал колебание и вращение снарядов.

Остается еще описать приспособление, при помощи которого Кранц мог производить съемки свободно летящего снаряда, без касания последним какой-либо проволоки и т. п. Идея этого приспособления заключалась в том, чтобы держать замкнутым первичный ток все время, пока снаряд летит мимо каждого зеркала. С этой целью Кранц устроил маятник P (черт. 183), при качании которого вниз замыкались или размыкались различные контакты. Эти контакты от 1-го до 5-го скользили по четырем параллельным дуговым направляющим шинам. На

черт. 183 в середине внизу эти шины и маятник P изображены отдельно в фасаде. Схема же замыкания проводов изображена над этим чертежом в плане. Маятник P удерживается в горизонтальном положении электромагнитом E_1. При перерыве тока в E_1 маятник начинает колебание вниз и сначала прерывает ток в электромагните E_2, что производит выстрел. Далее маятник P замыкает первичный ток W 23 J_1 W приблизительно в тот момент, когда снаряд приближается к зеркалу, и в это время появляются искры F_1. Быстро вслед за сим этот первичный ток при контакте 3 маятника опять прерывается. Снаряд приближается ко второму зеркалу S_2, маятник двигается далее и замыкает контакт 4, благодаря чему возникает первичный ток W 45 J_2 W и появляются искры F_2. Когда снаряд пройдет зеркало S_2, маятник, при помощи контакта 5, разомкнет левый первичный ток.

Расположение контактов по дуговым шинам достигается пробами. Для того, чтобы отмечать на фильмах и барабанах T_1 и T_2 точное время, служит следующее приспособление. Второй маятник, подобный вышеописанному, при колебании вниз замыкает контакты 6 и 7 и при помощи элемента E прерывает первичный ток в индукторе A; каждый раз при этом в f_1 и f_2 проскакивают одновременно искры, изображение которых при помощи линз l_1 и l_2 получаются на фильмах в виде точек. Эти последние служат ясными указателями при пользовании фотографиями, т.-е. при определении вертикальных отрезков BC. (Черт. 188.)

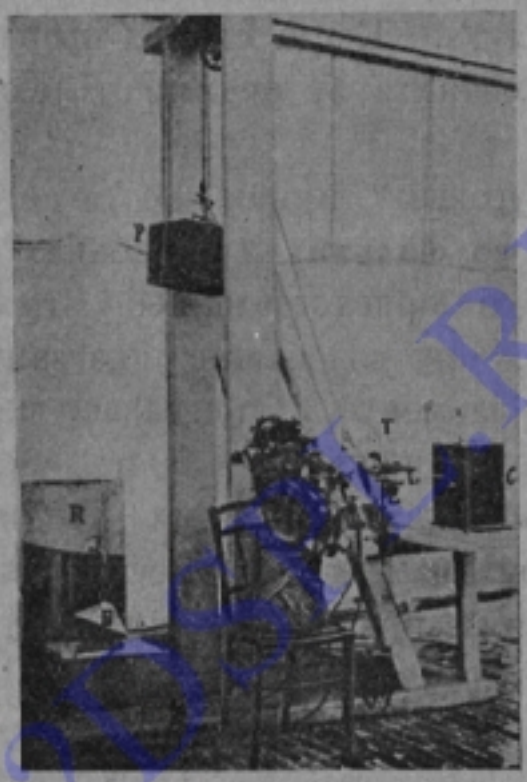
В заключение этого параграфа заметим, что если ленту баллистического кинематографа пропускать в кинопроекторе с обычною скоростью (16 снимков в сек.), то можно наблюдать на экране все детали движения снаряда, поражение им препятствия и т. п., так как все движения будут казаться замедленными в 310 раз $\left(\frac{5000}{16}\right)$.

§ 12. Съемка медленных движений.

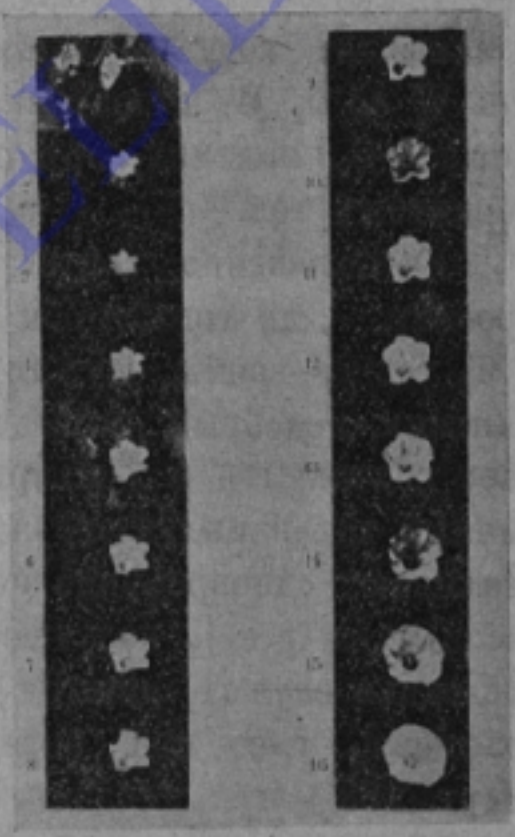
Кинематограф дает возможность наблюдать на экране движения, которые в натуре по своей медленности ускользают от наблюдения. К таковым движениям относятся: рост и движе-

ние растений и их частей, медленные деформации тел и сооружений [1]). Сущность этого способа заключается в том, что изучаемое медленное движение снимается со скоростью не 16 снимков в секунду, а гораздо медленнее, например 1 снимок в секунду. На экране же позитив ленты демонстрируется с нормальной скоростью, т.-е. 16 снимков в секунду, отчего на экране движение кажется ускоренным в 16 раз. Рассмотрим примеры установок для съемки медленных движений.

Установка Марея. На черт. 189 изображена установка, сделанная в институте Марея в Париже для съемки распускания



Черт. 189. Киносъемка распускания цветка.



Черт. 190. Кинолента распускания цветка.

цветка вьюнка (volubilis). Кинематографический съемочный аппарат C может действовать лишь при помощи вала T с навернутой на него веревкой, которую тянет груз P. Вал T может вращаться, когда его освобождает рычажок L, на который действует электромагнит E. Ток к последнему поступает от аккумулятора Y. Ток через любые промежутки времени замыкается и размыкается при помощи водяного регулятора (вроде весов) B, который качается

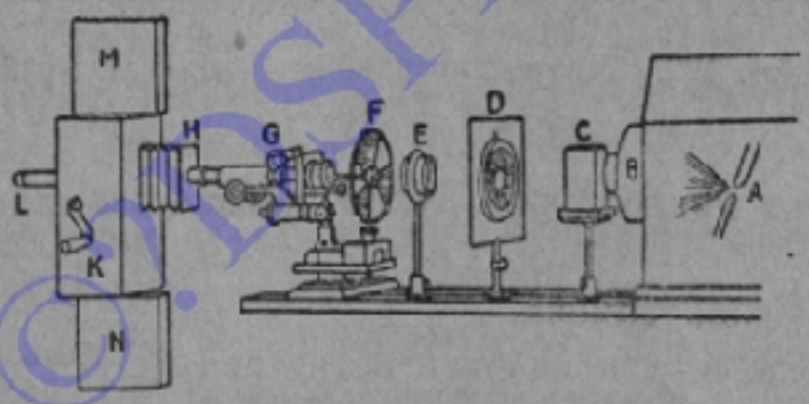
[1]) Также осадка зданий, рост человека и животных, изнашивание инструментов и обуви, смена климата и т. п.

при наполнении его водой из резервуара R, в котором вода стоит на постоянном уровне. При каждом качании регулятора вода из него выливается. Регулируя приток воды краном, можно изменять промежутки между качаниями регулятора, а следовательно и между съемками. На черт. 190 в виде примера показана серия (16) снимков с распускающегося цветка вьюнка. Все снимки сделаны в течение одного часа.

Дебри (Debrie—отец и сын) во Франции построили специальный аппарат для регулирования времени съемки медленных движений. На крышке аппарата устроена головка, которая может скользить вдоль градуированной щели; градуация указывает желаемые промежутки времени между каждым снимком. Внутри ящика находится электрический мотор, который при помощи гибкого вала передает вращение съемочному аппарату. Передачи внутри ящика так устроены, что можно изменять промежутки между снимками от 1 до 60 секунд или от 1 до 60 минут.

§ 13. Микросъемка.

Идея микросъемки движения заключается в том, чтобы снять на движущуюся ленту фазы движения, видимые в микро-



Черт. 191. Микрокиносъемка.

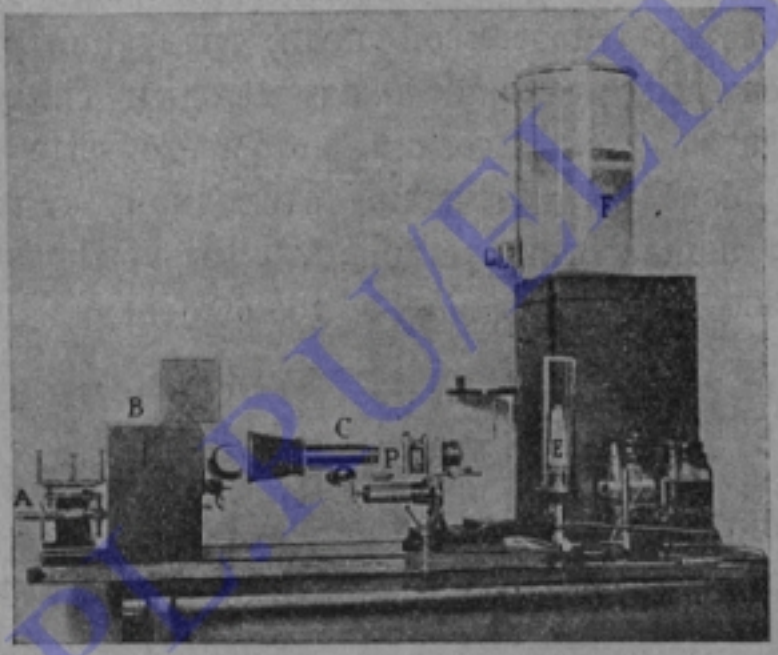
скоп с известным увеличением. Для того, чтобы увеличенное изображение экспонировалось на фильме, оно должно быть достаточно сильно освещено; для этого применяют свет или отраженный от препарата, или проходящий сквозь препарат. Далее, некоторые препараты, например, бактерии, не выносят нагревания; поэтому освещающие их лучи должны быть охлаждены. Другие же препараты, например кристаллы, для их образования,

наоборот, нуждаются в нагревании, для чего применяют особые приспособления.

Таким образом, в зависимости от рода снимаемого препарата, применяют те или иные устройства.

Детали подобных устройств яснее будут видны из описания нижеследующих установок.

1. *Схема установки Compagnie Générale de phonographes.* На черт. 191 показана схема установки для производства микрокинематографических снимков при горизонтальном расположении



Черт. 192. Микрокиносъемочный аппарат Булля и Пизона.

оптической оси микроскопа. Буквы обозначают следующие части прибора:

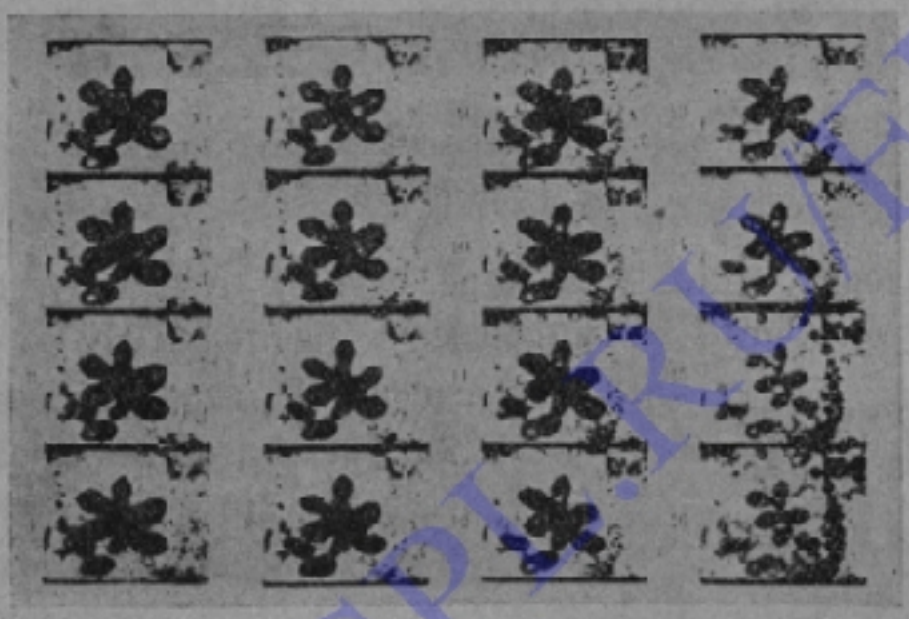
K — съемочная камера,
L — трубка ее для наводки объектива на фокус,
H — мех,
G — микроскоп,
A — электрическая лампа,
B — конденсатор,
C — тепло-фильтр (охладитель лучей),
D — диафрагма для ограничения светового поля,
E — вспомогательная линза. Иногда здесь же помещают моментальный затвор, тогда части B, C, D E заключают в особой камере,
F — обтюратор.

©DSPL.RU/ELIB

Лента приводится в движение или рукою при помощи рукоятки K, или часовым механизмом или, наконец, электрическим мотором.

Препарат помещается между F и E.

2. Установка Bull'я и Pizon'a. Буллем и Пизоном в институте Марея в Париже была сделана установка для микросъемки медленных движений, продолжающихся, например, несколько дней. Ими было снято размножение колонии бактерий (Botrylles). Устройство заключалось в следующем (черт. 192). Фильма, заключенная в камере B, приводится в движение часовым механизмом A. Перед мехом камеры установлен горизонтально микроскоп C. Пре-

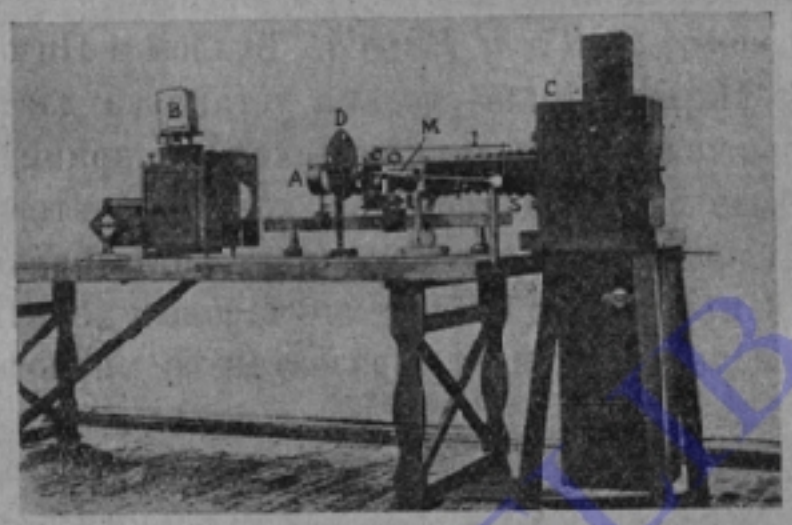


Черт. 193. Размножение микробов «Botrylles» (по Буллю и Пизону).

парат P освещается горелкой Ауэра, при чем свет на препарат падает прерывисто, т.-е. лишь в момент съемки, для чего затвор камеры открывается и зажигание света производится одновременно в требуемый момент электромагнитом. В F помещается резервуар с водою, которая протекает к препарату, если бактерии последнего нуждаются в возобновлении воды. Съемка продолжается несколько дней и снимки получаются на ленте длиною 15 - 20 метров. На черт. 193 можно видеть фазы развития колонии бактерий Botrylles.

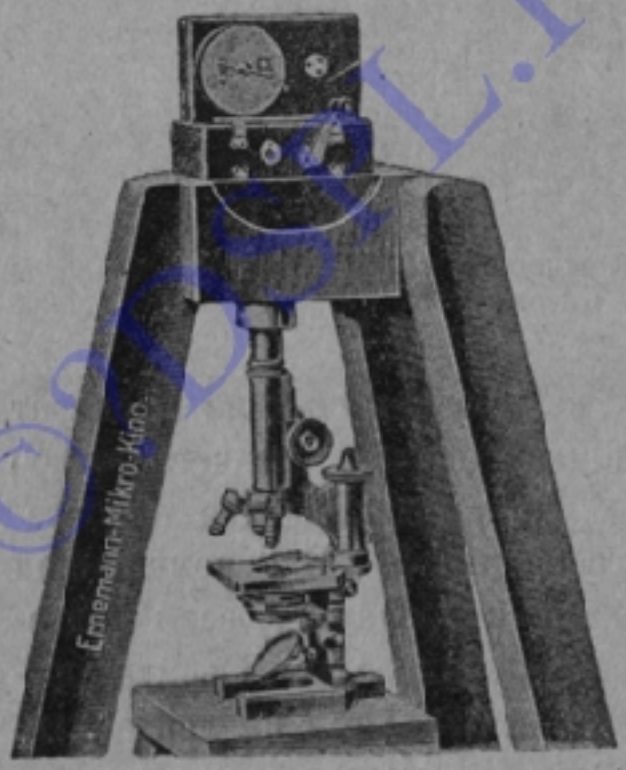
3. Установка M. Nogués'a. В том же институте Марея были произведены Nogués'ом микроснимки быстрых движений ресничек кожи съедобной ракушки (moule). Установка его изоб-

ражена на чертеже 194. Мех S съемочной камеры C [1]) соединен с микроскопом M. Свет получается от дуговой лампы B, которая регулируется автоматически. На пути лучей помещено



Черт. 194. Микрокиносъемочный аппарат Nogués'a.

3 конденсатора; один в фонаре, другой A между фонарем и диском D и третий у микроскопа (системы Abé). Отверстия диска D играют отчасти роль диафрагмы, отчасти роль затвора. Поворот его достигается при помощи стержня O. Столик микроскопа можно передвигать при помощи стержней J и J'.



Черт. 195. Микрокиносъемочный аппарат Эрнеманна.

4. *Установка фирмы Эрнеманна* (в Дрездене). На чертеже 195 показана установка Эрнеманна, при которой ось микроскопа остается вертикальной, а камера располагается горизонтально и монтируется на прочной подставке во избежание качаний.

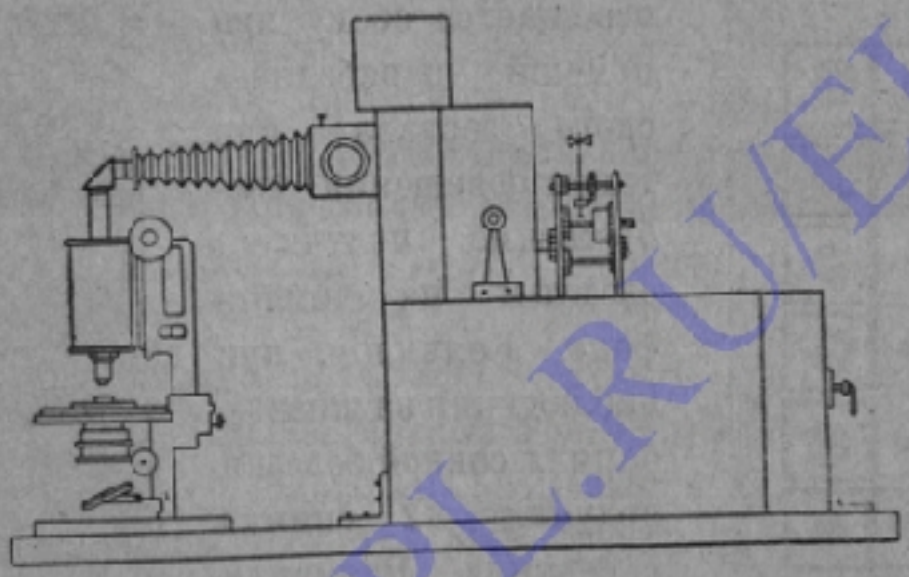
Позднее Эрнеманном была сделана более совершенная уста-

---

[1]) Продольный разрез этой камеры (см. черт. 153) был уже ранее описан.

новка, при которой лента приводится в движение электро-мотором. Источником света служит электрическая лампа. Свет проходит через конденсатор, охладитель, падает на отражательное зеркало микроскопа и проходит через препарат в микроскоп и далее в камеру.

5. *Установка Рисса* (T. Ries). Доктор Рисс в институте Марея произвел ряд снимков с явлений оплодотворения спермой и клеточного деления яичка морского ежа. Установка его заключалась в следующем (черт. 196). На массивном горизонтальном столе устанавливался микроскоп в вертикальном положении. Исследуемый препарат помещался на столике микро-



Черт. 196. Микрокиносъемочный аппарат Рисса.

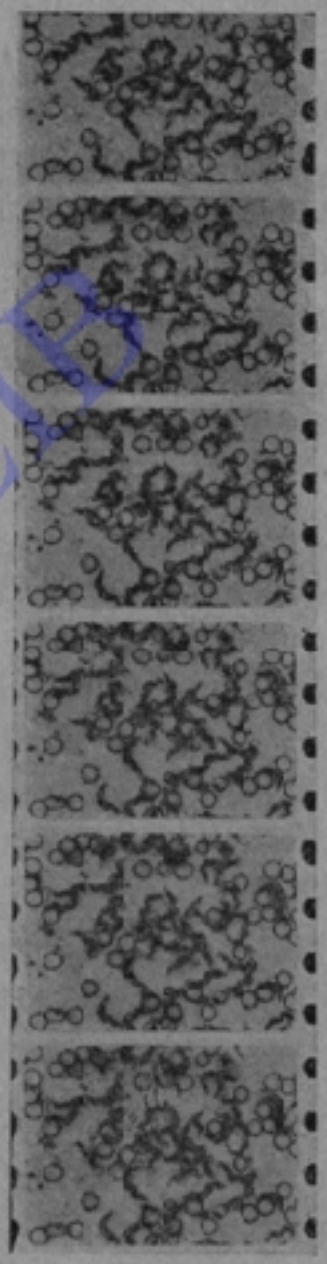
скопа в ванне с морской водой. Над окуляром микроскопа помещалась призма, которая отбрасывала изображение горизонтально в камеру.

Для правильной наводки на фокус изображение на пути в камеру могло отражаться вращающимся и наклоненным к лучам под ∠ 45° зеркалом на матовое стекло (кружок его виден на чертеже между мехом и камерой). Когда наблюдатель заметит на матовом стекле, что яичко готово к делению, он отводит зеркало в сторону; тогда лучи пойдут в камеру и дадут изображение на фильме. Движение ленты и обтюратора производится часовым механизмом. Число снимков приходилось делать всего лишь 7 в минуту, так как для более быстрой экспозиции освещение (лампа накаливания) было слишком слабым.

На чертеже 197 приведена в виде примера серия картин, вырезанных из ленты, полученной Риссом.

6. *Опыты Командона* (в Париже). Во всех вышеописанных установках свет проходил сквозь препарат, и изображения получались темными на светлом фоне. Хотя этот способ освещения давал отчетливые изображения, но страдал тем недостатком, что слой препарата должен был быть весьма тонким, иначе получалось наслоение одних изображений на другие. Идея построенного Командоном *ультрамикроскопа* [1]) заключалась в том, что препарат освещается сбоку при помощи параболического зеркала; при таком освещении изображение получится светлым на темном фоне. Командон, при наблюдении за жизнью бацилл сонной болезни получил 32 снимка в секунду. Величина бациллы была лишь 0,0005 мм. Увеличение на экране достигало 200.000 раз и бактерии казались в величину угрей.

Черт. 197. Оплодотворение и деление яичек морского ежа (по Риссу).



Черт. 198. Микробы сонной болезни (по Командону).

В виде примера на черт. 198 показана часть фильмы. На картинках видны кровяные шарики и микробы.

Приборы для наводки на фокус. При микросъемке весьма важную часть всей установки составляет приспособление для наводки на фокус и для наблюдения за препаратом, чтобы уловить

---

[1]) См. также работы H. Siedentopf'a в Иене (фирма Цейсса).

момент, когда следует начать и закончить съемку. Ранее (стр. 183) уже было описано одно из подобных приспособлений, примененных Риссом и состоящее из вращающегося зеркала, отбрасывающего изображение на матовое стекло, помещенное сбоку аппарата [1]). Опишем несколько подобных же устройств, примененных разными экспериментаторами.

1. Например, внутри тубуса устанавливается плоскопараллельное полированное стекло под углом 45° к оси тубуса.

Пучок лучей, идущий от объектива, делится этим стеклом на две части: бо́льшая часть проходит через стекло и дает изображение на фильме, ме́ньшая же часть отражается от стекла и попадает в окуляр боковой трубки, через которую и можно наблюдать за препаратом.

Подобное устройство применимо при сильном освещении препарата, когда можно воспользоваться частью лучей для отклонения их в трубку. При более же слабом освещении лучше пользоваться приспособлениями Булля и Рисса, или нижеследующим, им подобным:

2. Другое устройство, называемое трубкой-искателем, заключается в следующем: Правым концом своим трубка-искатель приделывается к окуляру микроскопа, а левым к меху или к объективу съемочной камеры. Внутри этой трубки вокруг оси может вращаться зеркало, располагаемое под ∠ 45° к оптической оси микроскопа.

Зеркало отражает изображение в зрительную трубку, в которой имеется матовое стекло. Когда на нем появится резкое изображение, то таковое же появится и на фильме, если зеркало после поворота вокруг оси будет прижато к отверстию трубки и даст ход лучам в камеру. Изображение на матовом стекле рассматривается через лупу. Зеркало можно заменить плоскопараллельным стеклом, как это было объяснено в предыдущем случае, и тогда съемку можно вести все время под контролем, наблюдая отражение изображения через лупу на матовом стекле h.

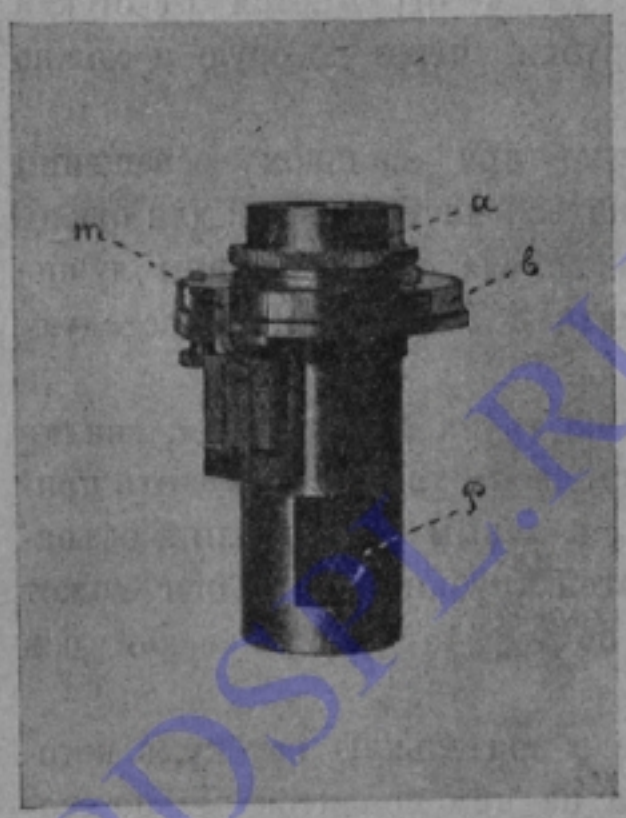
Иногда поворот зеркала в момент съемки делается не от руки пружиной, а самое зеркало заменяется призмой.

---

[1]) Это же приспособление применял раньше Буль при съемке насекомых (см. стр. 155).

Такое устройство сделано в следующем искателе, сконструированном Глускиным.

3. Прибор (черт. 199) состоит из призмы с полным внутренним отражением P_1, отклоняющей изображение перпендикулярно тубусу микроскопа. В цоколе (b) прибора находится пружина, которая заводится поворотом трубки (a), при чем призма поворачивается в противоположную от камеры сторону. Изображение может быть наблюдаемо при помощи соответствующего окуляра или отбрасываемо на экран из белого картона, при чем экран ставится на таком же расстоянии от тубуса микроскопа, на каком с противоположной стороны помещается фильма. При таком устройстве искателя мех и оптическая ось камеры располагаются горизонтально (см. далее черт. 204).



Черт. 199. Прибор для наводки на фокус при микрокиносъемке.

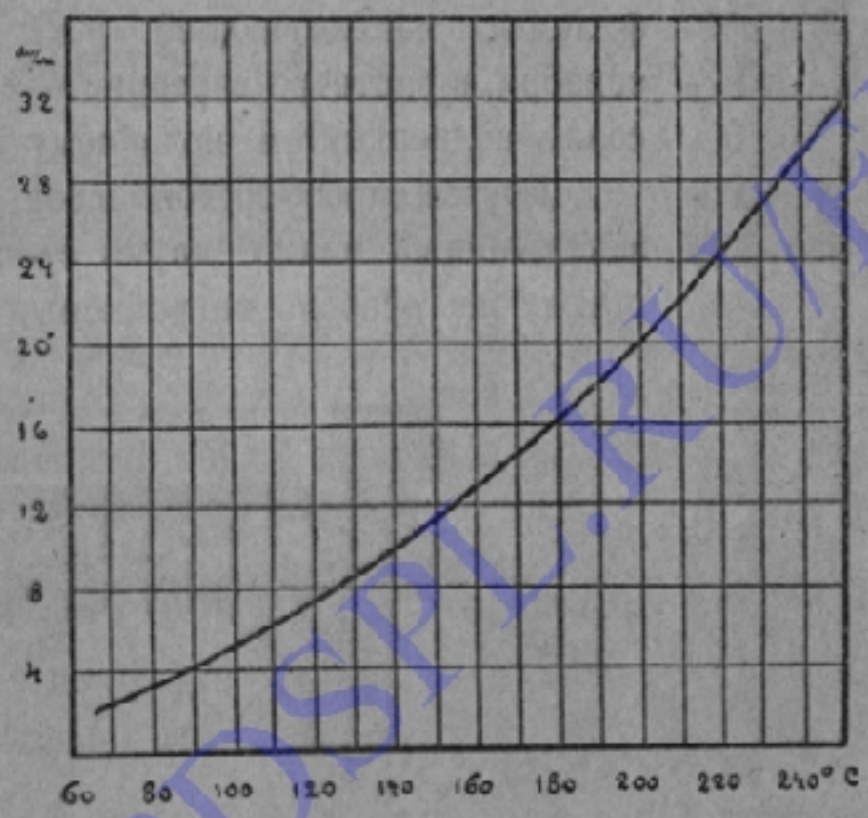
Объективы. Выбор объектива для микроскопа обусловливается родом снимаемого препарата, степенью желаемого увеличения и степенью освещения. Так как во время микросъемки много света тратится при поглощении и отражении, то часто при небольших увеличениях пользуются лишь одним объективом. При чем, если съемка производится в натуральную величину, то берут обыкновенный кино-объектив, укрепляя его в соответственно удлиненном тубусе ($F = 50$ мм.). При небольших увеличениях (до 4-х раз) можно брать анастигмат с фокусным расстоянием 35 мм., для более сильных увеличений (10-кратном) берут слабый микрообъектив Цейса (микропланар, $F = 20$ мм.). Для сильных (150) увеличений применяют хороший ахромат или апохромат (Цейс C) $F = 7$ мм. с апертурой 0,4 [1]), или же Цейс E с $F = 2{,}8$ мм. и аперту-

[1]) Апертурой (a) или номером апертуры стекла называется произведение из коэффициента преломления массы стекла на синус половины угла стекла (или системы), т.-е. $a = n \cdot \sin \alpha$. Обозначение это было введено профессором Abé.

рой 0,9 мм. При очень сильном увеличении вставляют в микроскоп и окуляр.

Например, Командон, при своих съемках с увеличением в 280 раз, пользовался апохроматическим объективом Цейса F = 4 мм., и проекционным окуляром № 4. Фильма была удалена от окуляра на 28 сант.

Если препарат при съемке приходится нагревать, то необходимо от него отодвигать объектив, во избежание его перегрева. Объективы Цейса переносят без вреда нагревание до 45°. На черт. 200 изображена кривая, полученная из опытов И. Глуски-



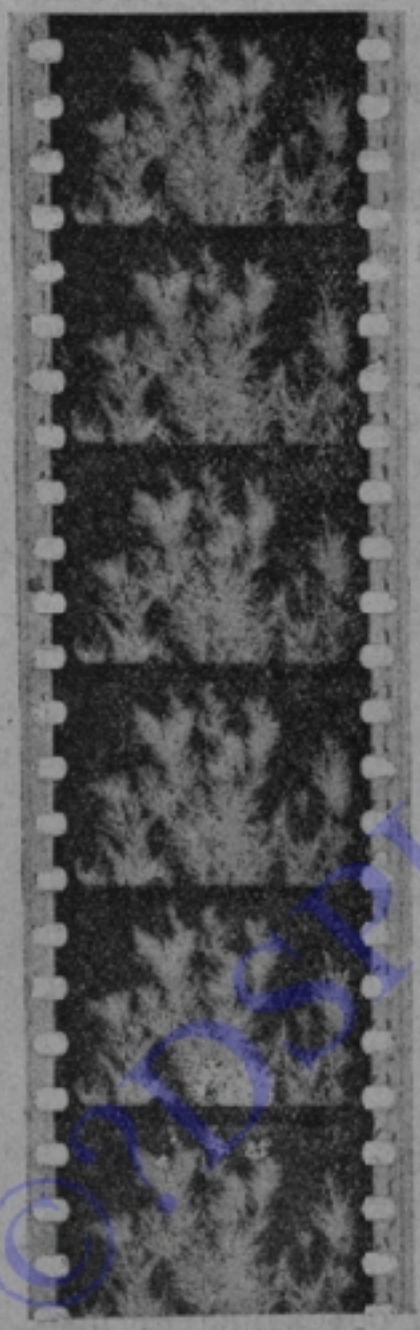
Черт. 200. Определение расстояния объектива от горячего препарата.

ным, для определения безопасного расстояния объектива от препарата при нагреве последнего от 60 до 240° Ц. При этом допускался нагрев объектива на 45°. Например, при температуре препарата 180° объектив должен располагаться от покровного стекла на расстоянии не ближе 16 мм. Обыкновенно каждая фирма указывает для своих объективов расстояние передней линзы до исследуемого объекта. По кривой чертежа 200 можно выбрать тот объекив, который соответствует температуре препарата. При высоких температурах и продолжительных съемках

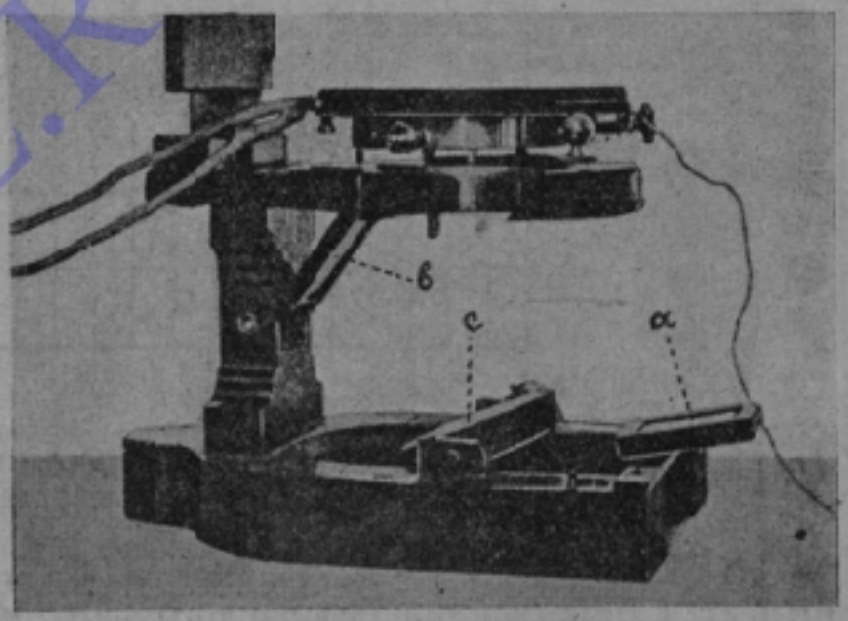
приходится применять искусственное охлаждение объектива проточной водой.

Нагреватели. При микросъемке явлений кристаллизации часто бывает необходимо нагревать раствор для того, чтобы явление происходило сильнее или чтобы оно вообще могло происходить. Для этого пользуются различными способами. Один из способов заключается в том, что в раствор погружают концы электрической проволоки; ток, проходя по проволоке, нагревает препарат. На черт. 201 изображена часть фильмы, показывающей рост кристаллов серебра в растворе серебристо-азотнокислой соли, подвергнутом подобному нагреванию.

Другой способ состоит в том, что раствор, заключенный между двумя стеклами, помещают на особый нагреваемый электриче-



Черт. 201. Рост кристаллов серебра.

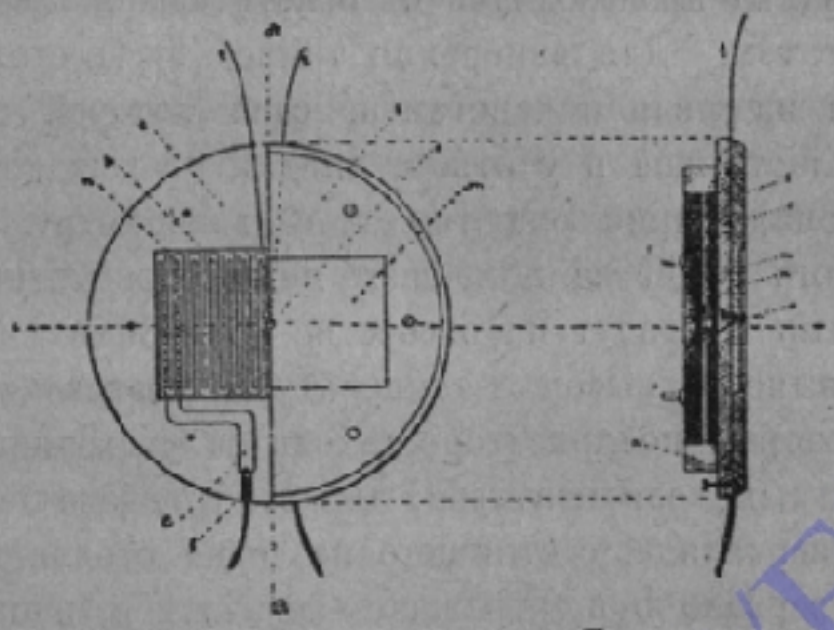


Черт. 202. Столик Глускина для нагревания микропрепаратов.

ством столик, температура нагрева которого достаточна для плавления препарата (например от 50° до 500°). На черт. 202 показан общий вид такого столика, сконструированного И. Глускиным [1]). На чертеже же 203 показаны детали того же сто-

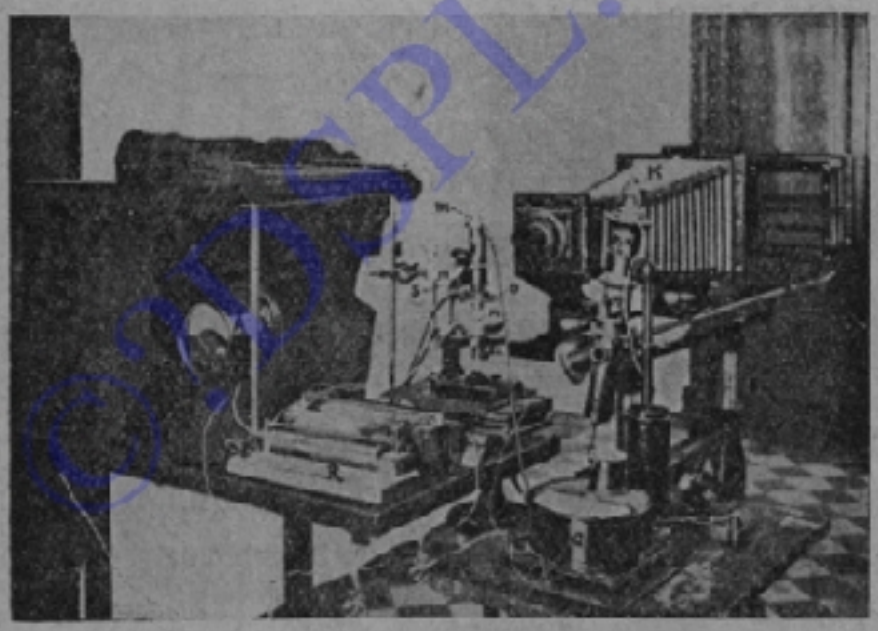
[1]) И. Глускин «Новый электрический нагревательный столик для микроскопа». СПБ. 1913 г.

лика: на левой половине левой фигуры — вид сверху со снятой шиферной пластинкой b и кварцевой m, на правой половине той же фигуры — вид столика сверху. На правом чертеже изобра-



Черт. 203. Деталь столика Глускина.

жен разрез столика по AB. Нагревательная часть столика состоит из зигзагообразной платиновой фольги p толщиною 0,007 мм., помещенной между двумя пластинками m и n из непрозрачного



Черт. 204. Микроустановка Глускина.

кварца. Пластинки эти врезаны в шиферные пластинки b и c, которые укреплены на латунном диске a.

Концы платиновой фольги соединяются под нижней кварцевой пластинкой n с двумя медными лапками, оканчивающимися

зажимами и служащими для подводки тока. Одна такая лапка e с зажимом f видна на левой фигуре.

Штифтами ss столик вставляется в столик микроскопа. Нагревание столика производится от осветительной цепи и регулируется реостатом. Для измерения температуры столик снабжен термопарой t из меди и константа, слой которой помещен под кварцевой пластинкой n у отверстия для прохождения света o. Концы термопары приключаются к гальванометру. Кристаллик исследываемого вещества помещают между предметным и покровными стеклами и кладут на отверстие (O). Заметим, что призмы Николя не выносят высокой температуры, поэтому в тех микроскопах, в которых поляризатор находится у столика, его заменяют зеркальным поляризатором, как это и показано на черт. 202, где свет от зеркала a, состоящего из серий стеклянных пластинок, идет в зеркало b и, отражаясь зеркалом c, попадает в препарат [1]).

Общий вид установки Глускина изображен на черт. 204: S — штатив микроскопа «Voigt und Hochgesang», n — нагревательный столик, m — искатель, o — объектив с охлаждением, G — гальванометр, A — амперметр, R — реостат, L — дуговая лампа, K — мех камеры.

§ 14. Рёнтгеносъемка.

а) *Рёнтгеновы лучи.*

В 1895 году профессор Рёнтген (W. K. Röntgen), работая с круксовой трубкой, заметил, что находившийся вблизи экран с платино-синеродистым барием начинает светиться при разрядах через трубку даже в том случае, если она тщательно закрыта черным картоном. Это свечение вызывается особыми лучами, которые проходят через бумагу, картон, дерево, слои металла и т. п. тела, непрозрачные для лучей света. Лучи эти Рёнтген назвал X — лучами; они называются также в честь открывшего их ученого — *рёнтгеновскими.* Источником этих лучей является круксова трубка, именно то место ее стенки, которое флюоресцирует под действием катодных лучей. Свойства этих лучей оказа-

[1]) Lehmann «Molekoularphysik» и «Krystallanalyse».

лись следующие: они действуют на фотографическую пластинку, вызывая почернение ее, при чем экспозицию пластинки можно производить в светлом помещении, помещая ее в конверт из плотной черной бумаги, непрозрачной для света, но пропускающей свободно рёнтгеновские лучи.

Рёнтген нашел, что прозрачность тел в отношении X-лучей уменьшается при возрастании плотности тела, и особенно мала у элементов с большим атомным весом. Толстый свинцовый экран является поэтому надежной защитой от действия рёнтгеновских лучей.

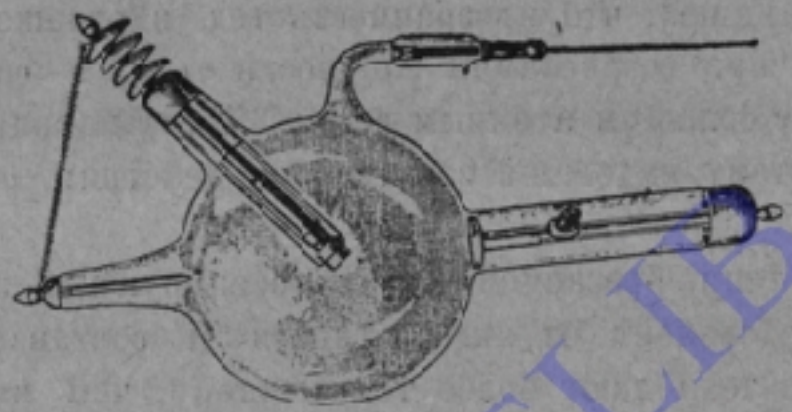
Густота тени, бросаемой на флюоресцирующий экран различными телами, зависит от их плотности и состава; так, кости человеческого тела дают более темные тени, чем мягкие ткани, а последние, в свою очередь, смотря по строению и толщине, задерживают лучи не одинаково. Эти наблюдения послужили началом широкому применению в медицине рентгеноскопии и рентгенографии для исследования внутренних органов живого человеческого тела и животных.

Излучать рёнтгеновы лучи может всякое твердое тело, на которое попадают катодные лучи достаточно большой скорости. Но особенно интенсивным радиатором является платиновая пластинка. Для усиления излучения, катодные лучи концентрируются при помощи вогнутого катода на платиновой пластинке — *антикатоде*. Фокус катодных лучей на поверхности антикатода и является тогда центром испускания рёнтгеновых лучей. Если разряжение газа в круксовой трубке значительно и следовательно разрядное напряжение высоко, то излучаются сильно проницающие лучи, которые принято называть *жесткими*, в отличие от *мягких*, легко поглощаемых. Жесткость лучей зависит от скорости катодных лучей, а жесткость трубки — от высоты напряжения, необходимого для разряда.

Пучок рёнтгеновых лучей, вообще говоря, неоднороден и состоит из лучей разной поглощающей способности. Из него можно выделить более жесткие лучи, поглощая мягкие металлическими экранами.

Вогнутый катод и металлический антикатод, покрытые слоем какого-нибудь тяжелого металла (платины, вольфрама, радия) и соединенный проволокой с металлическим штифтом, играющим

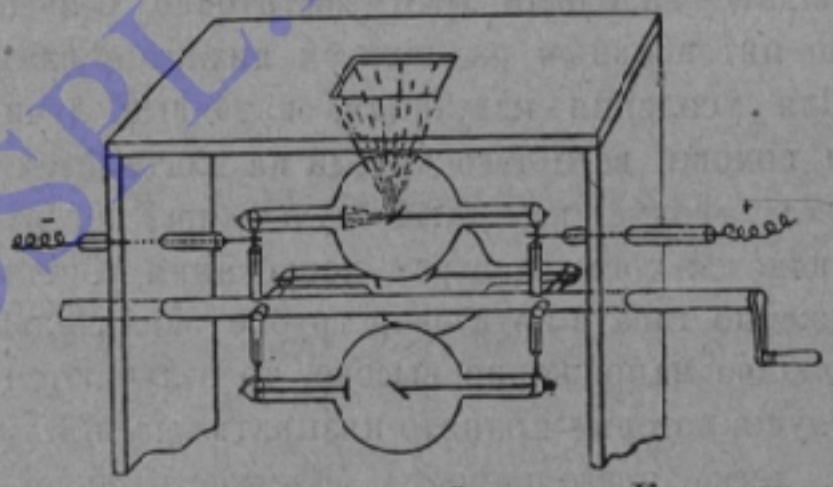
роль анода, являются отличительными признаками этих трубок. Отметим способы охлаждения антикатода, на поверхности которого под действием катодных лучей выделяются большие количества тепла. В трубке, представленной на черт. 205, охлаждение достигается тем, что антикатод вделан в массивную медную



Черт. 205. Круксова трубка.

трубку, конец которой снабжен медными пластинками с большой охлаждающей поверхностью. В некоторых случаях применяется водяное охлаждение.

Кроме того трубки снабжаются приспособлениями, позволяющими увеличивать давление газа, так как при продолжительном



Черт. 206. Рёнтгеновский аппарат Карвалло.

прохождении разрядов в одном направлении газ поглощается электродами, и трубка делается слишком жесткой. В трубке на черт. 205 это достигается добавочным электродом, который позволяет пропускать разряды через боковой отросток, содержащий какое-нибудь тело, выделяющее при разрядах газ [1]).

[1]) Вышеприведенное описание о рёнтгеновых лучах заимствовано из курса физики О. Хвольсона. Т. IV, 2-я половина, 2-й выпуск, стр. 813, статья проф. Д. Рожанского.

©?DSPL.RU/ELIB

Если приходится долго и непрерывно работать по радиосъемке, то круксовая трубка чрезмерно перегревается. Поэтому кроме описанных охлаждающих приспособлений применяют еще и следующее устройство, предложенное Карвалло (J. Karvallo) (черт. 206). В аппарате имеется не одна, а четыре круксовых трубки (ампулы), образующие как бы мельницу и укрепленные перпендикулярно друг к другу на деревянной оси. Круксовые трубки по концам поддерживаются парами стеклянных трубок, концы которых у круксовой трубки оканчиваются металлическим (медным) стержнем, по которому в круксовую трубку может входить ток. Ось с ампулами легко можно вращать под столом. Подводящие ток провода проходят с каждой стороны стола в стеклянной трубке, наполненной парафином, и могут касаться упомянутых стержней у ампул на подобие пружин, когда, при вращении, каждая пара этих стержней подойдет к проводам. При каждой четверти оборота соприкасается с проводами новая ампула; в это время три остальные охлаждаются. Чтобы избежать искр, появляющихся в момент передвижения ампул, был устроен между двумя полюсами катушки возбудитель, через который проходил ток, как только он прерывался в бобинах.

Верх стола покрывался свинцовой доской, в центре которой для съемки имелось отверстие; размеры этого отверстия можно было изменять при помощи особой диафрагмы. Опыты производились в темной комнате; стол окружался черной занавесью, чтобы избежать действия прямого света ампул на глаза экспериментатора.

Для получения кинолент с радиосъемкой применяются два основных способа:

1-й способ состоит в том, что изображение, откидываемое на экран, фотографируется на пленку. Этот способ применяли Бесальский, Кёлер и Коммандон. Достоинство этого способа заключалось в том, что можно было пользоваться пленкой нормальных размеров, недостатком же его была большая продолжительность экспозиций благодаря слабому действию экрана на пленку.

2-й способ заключается в том, что рёнтгеновы лучи непосредственно действуют на фильму. При этом изображение получается более ясным, экспозиция короче, но зато требуется фильма большой ширины, так как получается теневое изображение снимаемого

предмета, равное или большее самого предмета. Чтобы получить фильму нормальных размеров, приходится с первой фильмы делать новую съемку.

Опишем подробнее оба способа.

b) *Рёнтгеносъемка с экрана.*

Способ Бесальского и Келера (Biesalski u. Köhler) заключался в том, что они откидывали изображение не на обычно-применяемый экран, светящийся зеленовато-желтым светом, а на экран из вольфрамистого кальция, дающий голубое свечение, которое лучше действует на пленку. Объектив применялся Герца: Целар F : 2,3. Для того, чтобы рёнтгеновы лучи не действовали непосредственно на фильму, между экраном и объективом помещалось серебряное зеркало под $\angle$ 45°, таким образом оптическая ось объектива была параллельна экрану. Этот способ давал хорошие результаты при съемке медленных движений, позволявших делать большую экспозицию, что было необходимо, благодаря слабому свечению экрана. Хорошо удавались снимки движения в локтевом суставе костей руки.

c) *Теневая рёнтгеносъемка.*

При этом способе расположение предметов при съемке следующее: круксова трубка, снимаемый предмет, фильма, при чем фильма делается больших размеров, и с нее уже потом изображение фотографируется на фильму нормальных размеров. Таким образом на фильме получается *теневое* изображение тех частей снимаемого предмета, которые не пропускают рёнтгеновых лучей. В случае, если предмет небольших размеров, то можно снимать его и на фильму нормальных размеров.

Проследим главнейшие работы различных ученых, производивших рёнтгеносъемки последовательных фаз движения.

Каннон (Kannon) в 1897 г. произвел ряд снимков с кишечника кошки во время движения по нему пищи, при чем снимки делались им на отдельные фотографические пластинки и были недостаточно ясными, так как время экспозиции было настолько велико, что за это время происходило заметное движение пищи[1]).

[1]) Cannon: «American Journal of Physiology» 1898 and 1902 и American Physiol. Soc. May 1897.

Ру и Балтазар (Roux et Balthazard) в 1897 г. помимо простых рёнтгеносъемок с желудка человека и собаки, сделали серию рёнтгеносъемок на ленту с движений пищевода лягушки, при чем время экспозиции каждого снимка было около одной секунды Лента была шириной 3 см и длиною 75 см, на ней помещалось 12 снимков. Для того, чтобы помешать непосредственному действию Х-лучей на пленку, они пользовались свинцовой пластинкой толщиною 3 мм; в ней для пропуска лучей было сделано отверстие 3×5 см, против которого и помещалась лягушка. Экспонированная пленка защищалась другой свинцовой пластинкой. Лента передвигалась ручной рукояткой [1]).

Профессор Грютцнер (Grützner) в 1898 г. повторил опыты Ру и Балтазара с лягушкой и крысой, и сделал снимки более ясными и хорошо показывающими явления в тонких кишках [2]).

Голландский доктор Эйкман (P. H. Eykman de la Haye [3]) в 1902 воспользовался рёнтгеносъемкой для изображения фаз движения пищевода горла и биения сердца. При этом он применил метод, называемый им «Soi disant instantané», т.-е. «так сказать, непрерывный» и являющийся весьма сложным. Метод этот, в применении к съемке пищевода горла, заключался в следующем вспышка круксовой трубки происходила лишь в тот момент, когда при глотании адамово яблоко горла человека замыкало контакт. Для того, чтобы каждый снимок с каждой фазы движения был достаточно ясно экспонирован, необходимо было произвести 130 глотков и замкнуть 130 раз ток. Для воспроизведения же 12 фаз требовалось более 1300 глотков, и кроме того не было уверенности, что фазы движений этих глотков все будут одинаковыми.

Подобный же прием им применялся для фотографирования движения сердца. На черт. 207 изображена серия таких снимков. Каждый снимок по времени изображает фазу через $^1/_{14}$ секунды после предыдущей, причем все эти фазы сняты не за одно биение сердца, а во время разных биений.

---

[1]) Roux et Balthazard: «Soc. de Biol.» 1897 и «Arch. de Physiol.» 1898.

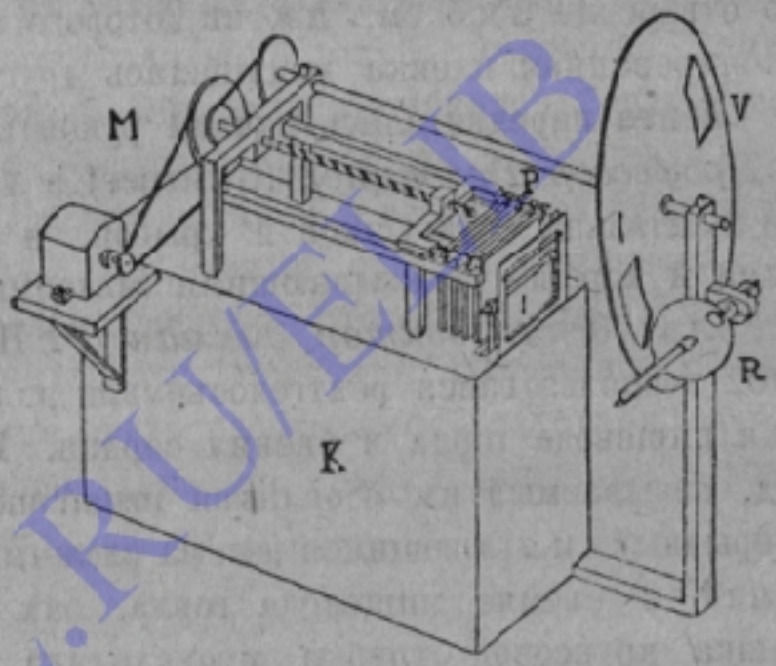
[2]) Von Grützner, «Pflügers» Arch., vol. LXXI.

[3]) P. H. Eykman, Verhand. d. König. Akad. Amsterdam, 1902; Id. Fortschritte der Gebiet der Röntgenstrahlen, Vol. V. u. VII.; Id. Archiv de Pflüger, vol. XCIX u. CV; Id. Journal de Radiologie, 1908, Büxelles.

Келер (Köhler) произвел подобного же рода опыты по рёнтгеносъемке дыхательных органов. Изображения получались на фотографических пластинках 24×30 см в виде отдельных фаз, при чем каждый раз экспозиция была в 15 сек., для чего задерживалось дыхание. Затем снимки уменьшались для ленты нормальных размеров.

Для того, чтобы чередование фаз на экране не было слишком быстрым, на фильму пере-

Черт. 207. Киносъемка биения сердца (по Эйкману).



Черт. 208. Рёнтгенокиносъемочный аппарат Гределя.

снимают с пластинки каждую фазу не один раз, а несколько. Этот прием назвается *„псевдокинематографическим“*.

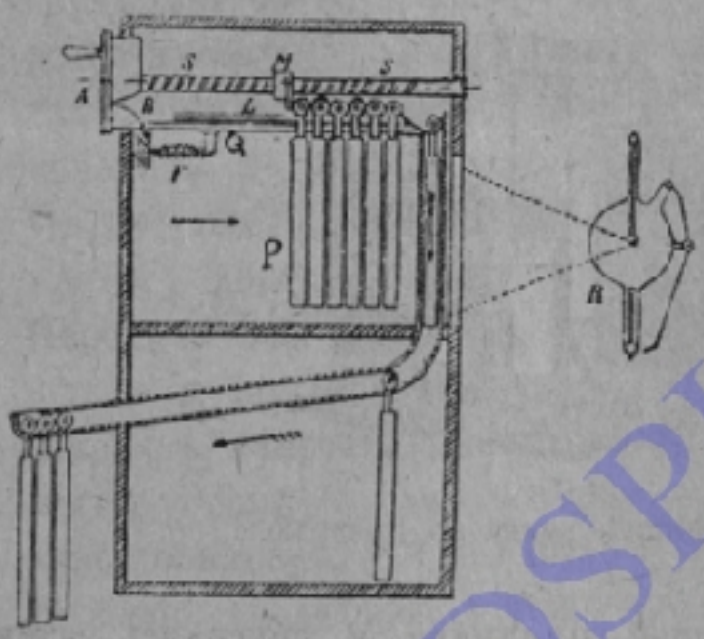
Аппарат, которым пользовались Эйкман и Келер, был построен фирмою «Veifa-Werke» и заключался в следующем.

Пластинки помещаются внутри камеры и могут вращаться валом в известном направлении. Когда каждая пластинка встанет против съемочного окна, производится съемка, после которой экспонированная пластинка падает вниз и отводится в особый ящик. В секунду можно было сделать 5 снимков. Первичный ток в момент съемки давал 250 ампер, вторичный — 400 миллиампер. Перерывы продолжались $\frac{1}{1000}$ сек., освещение при каждой вспышке длилось $\frac{1}{300}$ секунды.

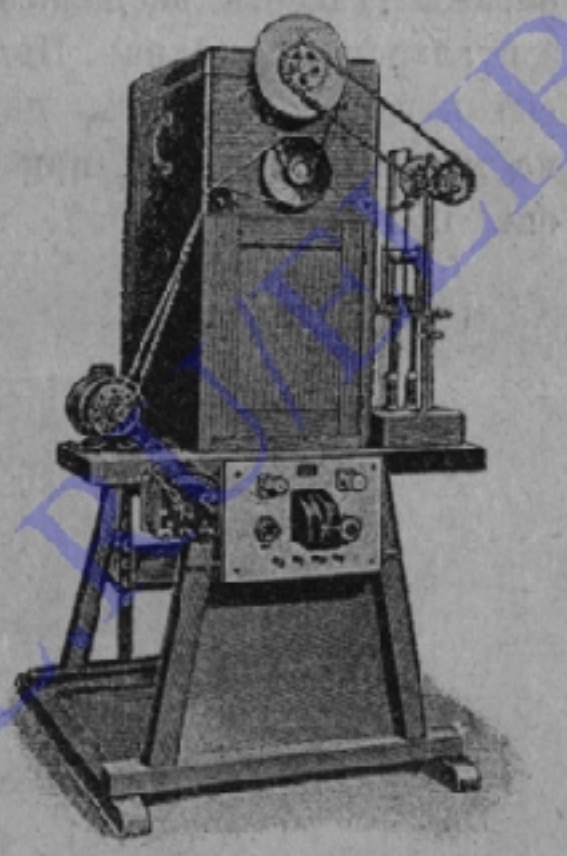
Гредель (Grödel) для рентгеносъемок пользовался подобным же методом и сконструировал особый аппарат (черт. 208). Каждая

фаза движения фотографировалась на отдельную пластинку размерами 18×24 см. Пластинки могли автоматически следовать друг за другом. Всего в аппарате помещалось 24 пластинки. Экспозиция каждой длилась $^1/_{20}$ секунды и вся серия проходила в 6 секунд при силе тока 60 ампер при 440 вольтах. Пластинки P помещались в камере K и перемещались электрическим механизмом M вперед. По экспозиции передняя пластинка падала вниз и отводилась в ящик. Освещение давалось круксовой трубкой R через два отверстия вращающегося обтюратора V.

На чертеже 209 то же аппарат изображен в разрезе. Буквы обозначают следующие части:



Черт. 209. Рёнтгенокиносъемочный аппарат Гределя.



Черт. 210. Рёнтгенокиносъемочный аппарат Гределя.

P — фотографические пластинки на роликах;

L — полозья, вдоль которых скользят ролики пластинок;

A — диск, приводящий в движение пластинки;

S — вал (шпиндель), вращаемый диском A;

M — гайка, скользящая по нарезке шпинделя и ведущая пластинку вперед;

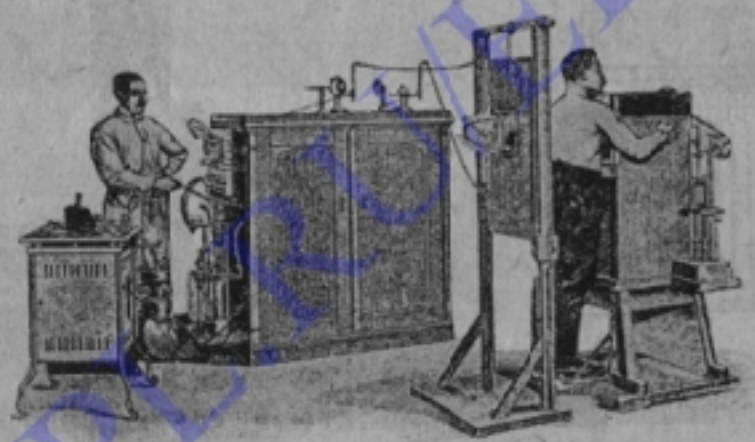
B — вырез диска A. Когда этот вырез приходит в нижнее положение, то он отпускает пружину.

F, которая тянет назад доску Q; последняя, отходя, дает возможность пластине P упасть вниз и по кривым полозьям сбежать в нижний ящик.

На чертеже 210 изображен общий вид аппарата Грейделя со стороны диска А. Слева видны электро-двигатель и реостат, а справа — прерыватель, дающий искру в тот момент, когда пластинка встанет против отверстия ящика.

На черт. 207 показана обстановка съемки этим аппаратом человека. Слева от последнего помещена круксова трубка, а справа — аппарат.

Фирма Фейф решила вопрос о передвижке кассет следующим образом: кассеты располагаются по радиальным плоскостям горизонтального барабана. Перед моментом экспозиции кассета, описывая четверть круга, падает. В периоде падения она делает на момент остановку, при которой производится снимок. Потом она продолжает падать, попадая в своем нижнем положении



Черт. 211. Рёнтгенокинссъемка по Гределю.

в щель по нижней производящей цилиндра и спускаясь затем в особый ящик.

Этим способом можно делать 6—8 снимков в секунду, что достаточно, чтобы получить удачные снимки сердца, легких, желудка и т. п.

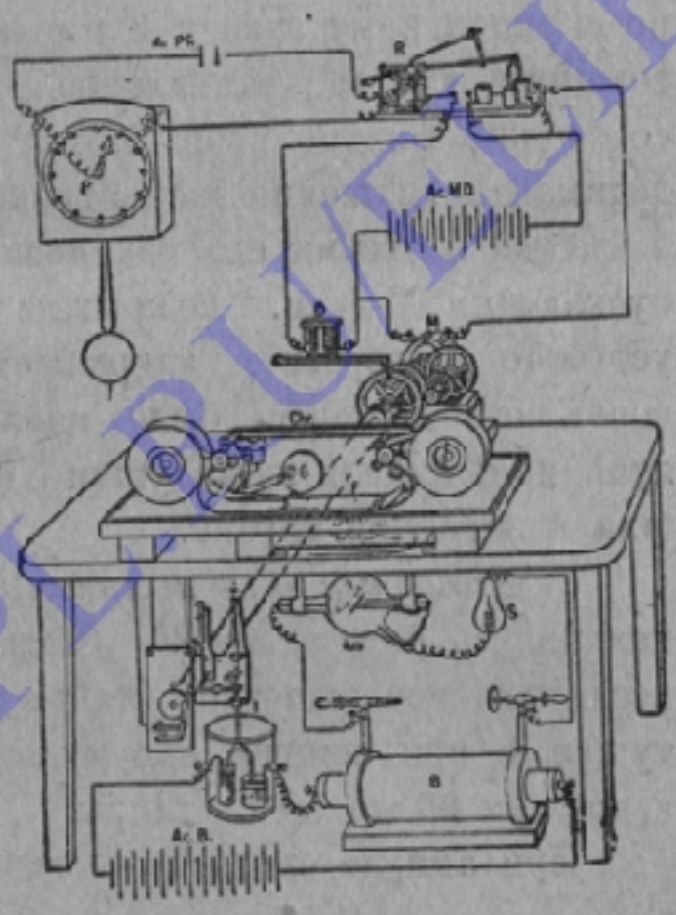
Ридер, Кестль и Розенталь (Rieder, Kästl, Rosenthal) спроектировали аппарат, выполненный фирмою «Polyphos Elektr. Gesell.». В этом аппарате в секунду получалось 4 снимка на пластинках 18×24. Снималось 13 фаз движения на 13 пластинках, при чем, как и у Эйкмана, каждая пластинка экспонировалась несколько раз, чтобы получить отчетливое изображение (экспозиция — 22 секунды).

Наконец, подобные же опыты производили Грунмах (36 пластинок 24×30, расположенных по типу аппарата «Veifa-Werke»,

10 снимков в секунду) и Леви-Дорна. Последний получал снимки на круглую пластинку, поворачивающуюся после каждой экспозиции на некоторый угол.

Опыты М. Карвалло (M. I. Carvallo)[1]). Доктор Карвалло произвел в институте Марея в Париже ряд опытов для исследования движения пищи внутри животных. Для этой цели он воспользовался рёнтгеносъемкой и построил аппарат, схематически изображенный на черт. 212. Вся установка заключает в себе три части: a) моторная система b) хронофотограф и c) аппарат для получения X-лучей.

a) *Моторная система* состоит из электрического мотора M, мощностью 10 килограммометров при 2000 оборотов в минуту и при 50 вольтах. Число оборотов можно изменять до 300 в минуту. От него идет передача к механизму, двигающему ленту. Передача так устроена, что можно в широких пределах изменять скорость движения ленты. Для пуска мотора и всего аппарата в ход было устроено следующее приспособление, позволявшее производить освещение, смену картинки и ход мотора так, что можно было получать число картин от 30 в секунду до 2 в минуту. Стрелка часов P, приводимая в движение часовым механизмом, могла через заданные промежутки времени замыкать ток через контакты, расположенные по окружности циферблата. Ток доставлялся аккумулятором AcMD. При замыкании тока электромагнит D притягивал нижний рычажок и позволял механизму двигать ленту. В R помещен механизм



Черт. 212. Рёнтгенокиносъемочный аппарат Карвалло.

[1]) M. I. Carvallo «Méthode radiochronophotographique». Travaux de l'association de l'Institut Marey, vol. II, pg. 76.

для сообщения большей правильности движения, которая могла бы быть не вполне удовлетворительной, благодаря скачкообразному движению стрелки часов P.

Ток к механизму R доставляется аккумуляторами A c P. R.

b) *Хронофотограф* заключает в себе механизм для съемки и состоит из фильмы шириною 60 миллиметров. Эта фильма могла двигаться мимо съемочного окна F на длину от 28,8 до 57 мм, в зависимости от размеров снимаемого предмета. Для этого и само окно F могло изменять свои размеры при помощи выдвижной пластинки, которая, как и самое окно, была сделана из свинца. Фильма была сделана фирмою Lumière в Лионе по специальному заказу и имела чувствительный слой двойной толщины, что увеличивало ее восприимчивость к X-лучам. Для сообщения фильме прерывистого движения служила вилка, приводимая в движение эксцентриком G.

Стол со всеми его механизмами покрывался ящиком, не пропускающим X-лучи. В крышке этого ящик против окна F было устроено отверстие, закрываемое флюоресцирующим экраном, через которое можно было наблюдать за изображением. Чтобы лучи не попадали на катушки с фильмой, от этого экрана к окну F шла квадратная трубка.

c) *Аппарат для получения X-лучей.* Круксова трубка Am находилась над окном F. Между трубкой и окном помещалось исследываемое животное (лягушка). Индуктивная искровая катушка B при помощи аккумулятора AcB и прерывателя J давала искры от 25 до 50 см длины.

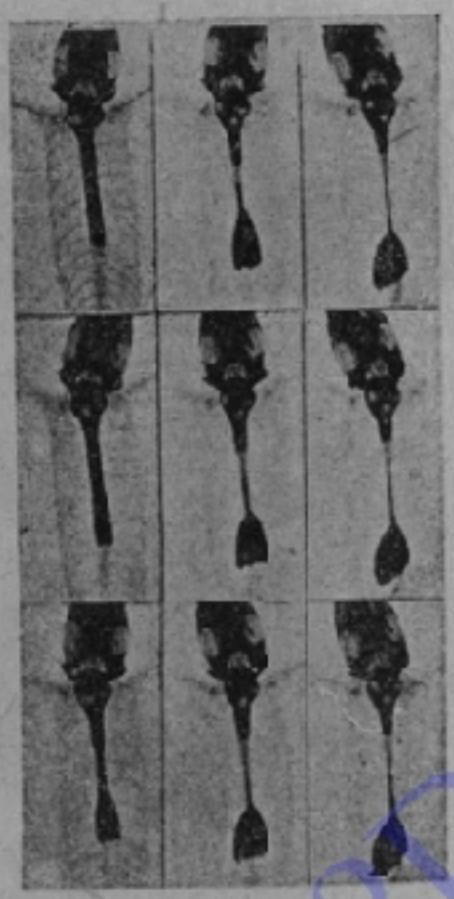
При ампуле средней жесткости экспозиция снимка лягушки достигала до $\frac{1}{50}$ сек. При съемке же рыб и пресмыкающихся приходилось экспозицию доводить до $^1/_2$ — $^1/_3$ сек. С целью более точного соответствия между экспозицией, движением ленты, мотора, действия ампулы Карвалло устроил остроумные прерыватели тока, описание которых читатель может найти в цитированной выше его статье. При продолжительных съемках Карвалло применял вращающиеся ампулы, которые были уже раньше описаны (черт. 206).

Для того, чтобы движущаяся внутри животного пища яснее фотографировалась, в нее примешивались различные составы:

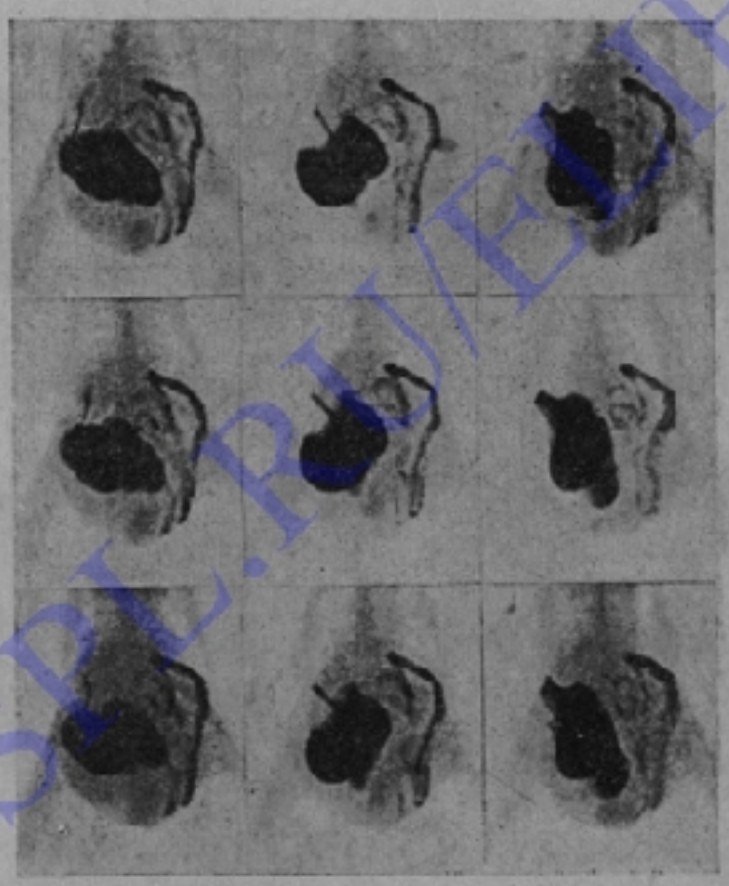
чаще всего сунитрат висмута, который плохо пропускал Х-лучи и давал на фильме резкие пятна. При опытах Карвалло иногда за один раз длина экспонированной пленки доходила до 100 метр. при 2000 последовательных снимках.

В виде примера на чертеже 213 приведены девять снимков с пищевода ящерицы. Рассматривать снимки следует сверху вниз, слева направо, фотографии сделаны через $1^1/_2$ минуты.

На черт. 214 изображены рёнтгеноснимки желудка и кишек цыпленка (5 снимков в секунду). Смотреть следует сверху вниз, слева направо. Черные пятна изображают пищу.



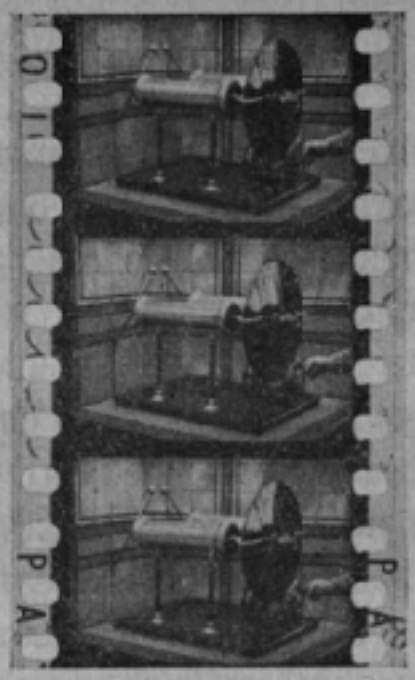
Черт. 213. Движение пищи в пищеводе ящерицы (по Карвалло).



Черт. 214. Рёнтгеносъемка желудка и кишек цыпленка (по Карвалло).

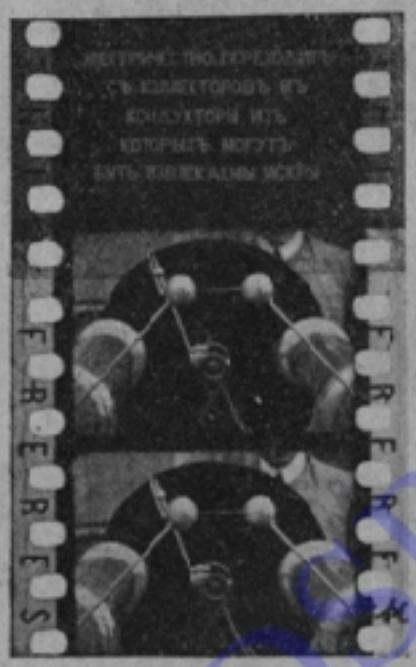
На черт. 215 изображена серия снимков, вырезанных нами из одной бракованной ленты, демонстрирующей операцию рёнтгеносъемки и некоторые снимки с лягушки. Первый снимок (3 картины) изображает электростатическую машину и экспериментаторов. Второй снимок — ту же машину более детально. 3-й — эбонитовые диски (2), которые при вращении электризуются о металлические щетки и передают энергию дугообразным коллекторам. На 4-м снимке видна искра, между шаровыми индукторами, соединенными с цилиндрическими коллекторами.

1

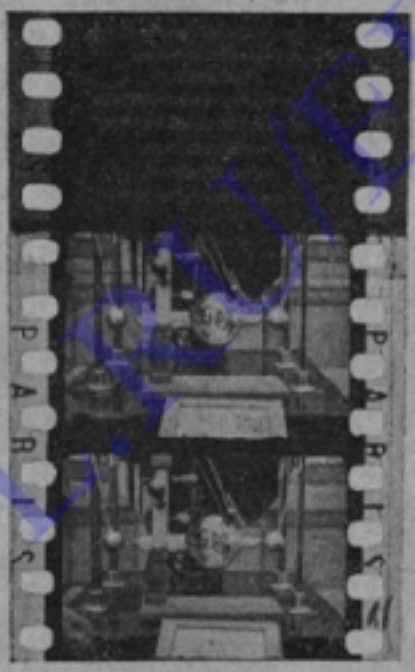


2

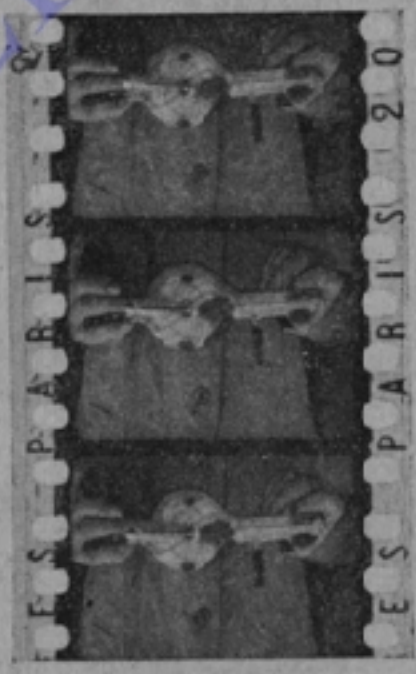
3



4

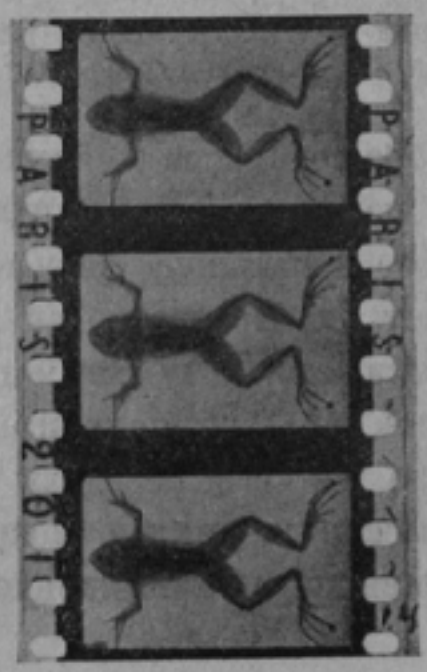


5

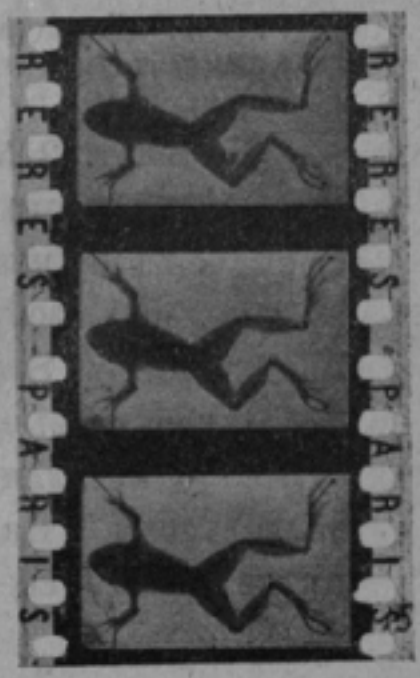


6

7



8

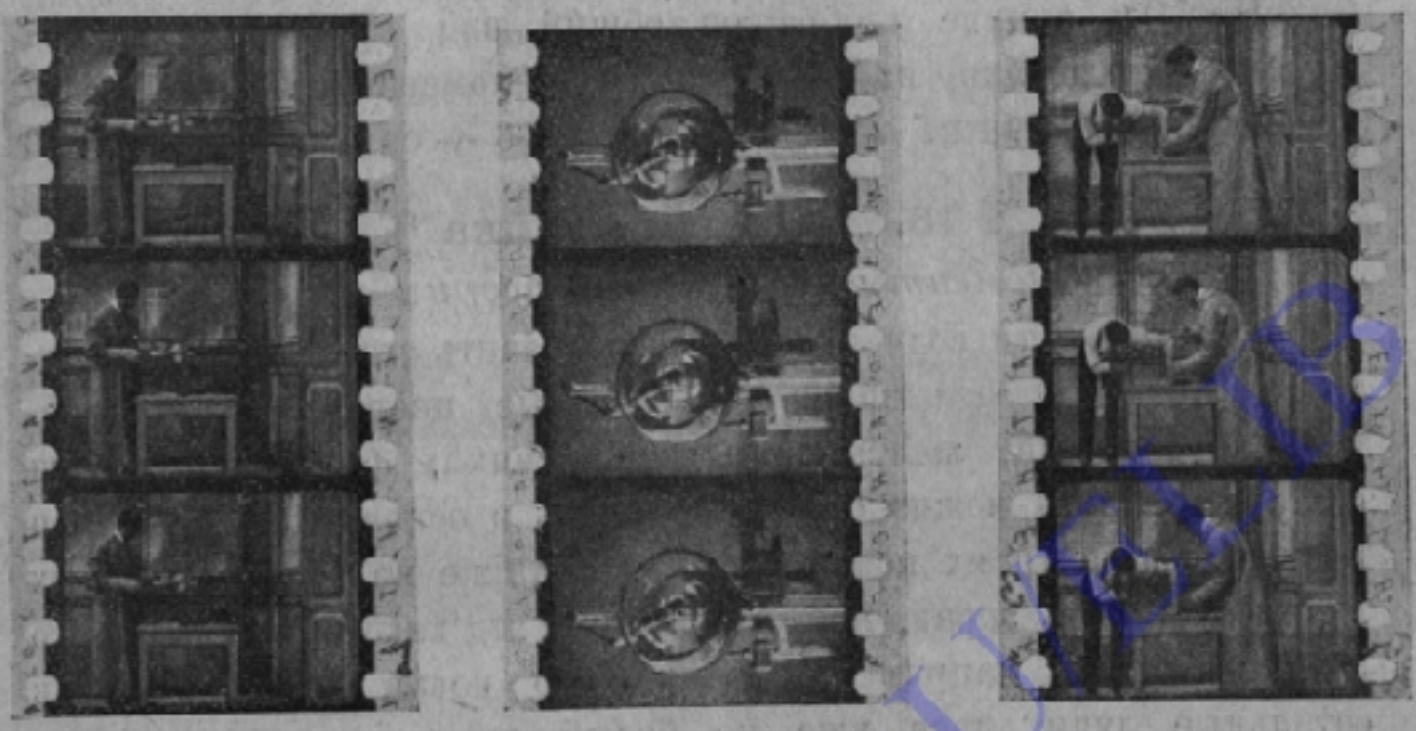


9

Черт. 215. Рёнтгенокиносъемка лягушки.

© 2DSPI.RU ELIB

При соединении индукторов с контактами круксовой трубки, в последней получаются разряды (снимок 5-й) и Х-лучи, которые заставляют фосфоренцировать платиновые и платиноцианисто-



1 2 3

4 5 6

Черт. 216. Рёнтгенокиносъемка руки человека.

бариевые экраны, на которых можно наблюдать изображения невооруженным глазом. На черт. 6-м ампула показана отдельно. На черт. 7-ом изображен наблюдатель, рассматривающий изобра-

жение лягушки на экране. На черт. 8 и 9 показано несколько рёнтгеноснимков скелета лягушки.

На черт. 216 показано шесть вырезков из другой ленты, изображающей рёнтгеносъемку локтевого сустава человека.

На 1-м снимке изображен общий вид круксовой трубки, на 2-м — ее деталь, на 3-м — пациент помещает локоть между трубкой и съемочным аппаратом, на 4—6 — снимки с локтя.

§ 15. Цветная съемка [1]).

а) Элементы физической теории цветов.

Если на пути солнечного луча поставить стеклянную призму, то луч (белый) разложится на основные цвета спектра: красный, оранжевый, желтый, голубой, синий, фиолетовый. Эти составные цвета можно опять соединить в основной белый, если поставить на пути их новую призму. Если же на пути составных лучей поставить экран, преграждающий ход какого-нибудь одного цветного луча, например красного, то новая призма, собрав остальные лучи, даст уже не белый цвет, а иной, в данном случае зеленовато-синий. При удалении же экрана красный луч, присоединившись к зеленовато-синему, вновь даст белый цвет. Подобные цвета, дающие в соединении белый цвет, называются *дополнительными;* таковыми являются следующие цвета:

красный + зеленовато-синий . . .
оранжевый + голубой . . . . . } = белый.
желтый + голубой . . . . . }
желтый + синий . . . . . }
зеленовато-желтый + фиолетовый . }

Окраска предметов зависит как от тех лучей, которые направляются этими предметами в глаз наблюдателя, так и от отношения глаза к этим лучам. Таким образом полное впечатление человека о цвете тела зависит от двух причин: цвета луча, попадающего в глаз (причина объективная), и от физиологического устройства глаз [2]) (причина субъективная). Люди, больные гла-

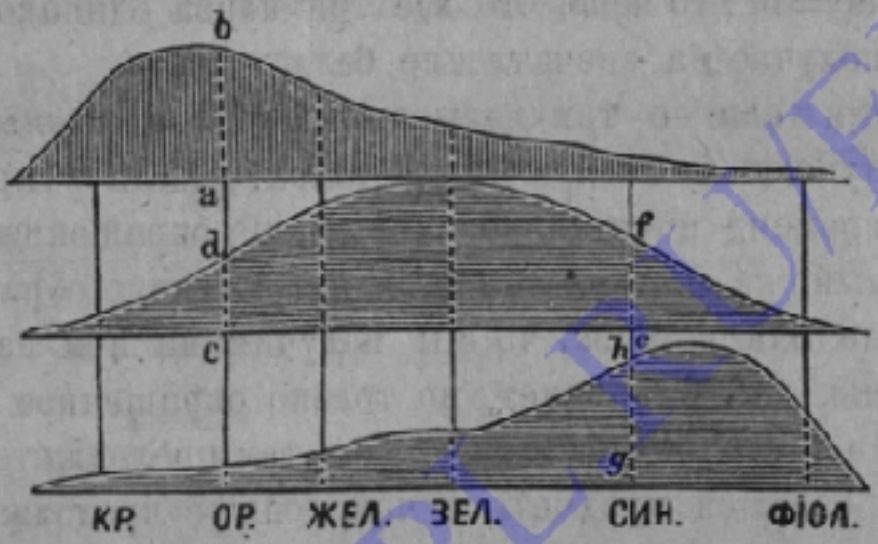
[1]) В этом § мы даем лишь общее понятие о цветной съемке, предполагая, как эта было сказано в предисловии, разобрать этот вопрос подробнее в особом труде.

[2]) Полагают, что в сетчатой оболочке глаза распределены мельчайшие колбочки и палочки; первые воспринимают цветовые ощущения, вторые — световые.

зами, имеют представление о цветах тел иные, нежели те, у кого глаза здоровые.

Если какая-нибудь поверхность кажется нам зеленой, то это происходит потому, что она поглощает все падающие на нее составные лучи солнечного спектра и отражает только зеленые.

Интересные опыты можно проделать с рассматриванием цветных рисунков через цветные же очки. Если, например, нарисовать красный круг на зеленом фоне и смотреть на рисунок через зеленые очки, то увидим черный круг (так как зеленые очки не пропустят красных лучей) на светлом зеленом фоне. Если же тот же рисунок рассматривать через красные очки, то увидим светлый (красный) на темном фоне. Подобные



Черт. 217. Кривые раздражения глазных нервов.

цветные стекла, через которые пропускаются лучи того же цвета, называются *фильтрами* [1]). Таким образом, красный фильтр пропустит лишь красные лучи, зеленый — лишь зеленые и т. д.

Изложим здесь вкратце теорию Young'a и Helmholtz'a о цветовых ощущениях. По этой теории цветовое ощущение зависит как от длины волны λ света или его составных частей, так и от интенсивности света. Так, например, фиолетовые лучи малой силы принимают красноватый оттенок, а большой силы — сероватый оттенок. При слабой силе света все тела кажутся бесцветными, при большой же силе — все цвета, кроме красного, переходят в белый; красный же цвет кажется тогда желтым. Глаз более чувствителен к слабому зеленому и синему цветам, чем к слабому желтому и красному.

[1]) Подробности о фильтрах см. инж. Прилежаев «Подбор и изготовление желтых светофильтров». СПБ. 1912 г. Изд. журн. «Фотографические новости».

В глазу существует три рода светочувствительных нервных окончаний (колбочек). Раздражение первых вызывает ощущение красного, вторых — зеленого, третьих — фиолетового цвета. Физически однородный свет раздражает нервы всех трех родов, но в различной мере.

Степень раздражения определяется тремя кривыми линиями на черт. 217, у которых абсциссы представляют ряд цветов спектра, а ординаты — степень раздражения нервов первого (верхняя кривая), второго и третьего родов.

Одинаково сильное одновременное раздражение всех трех нервов производит впечатление белого цвета. Смешаем, например, оранжевые лучи с синими. Так как приблизительно $ba = dc + fe = hg$, то ясно, что все три нерва одинаково раздражаются, и получается впечатление белого цвета.

Упомянем еще о так называемых *субъективных цветах*, которые получаются следующим образом. Если в продолжение некоторого времени пристально смотреть на окрашенный предмет, расположенный на черном фоне, и затем вдруг обратить глаза на белое поле или потолок, то мы получим на нем изображение той же формы, как и предмет, но только окрашенное в дополнительный цвет. Это впечатление будет тем продолжительнее, чем сильнее был освещен предмет, и чем дольше продолжалось действие света на глаза.

в) Цветная съемка для диапозитивов.

Существует несколько способов получения на экране цветных неподвижных изображений при помощи диапозитивов. Опишем четыре таковых способа [1]):

α) способ двойного проектирования.
β) » Максвелля.
γ) » Ивеса — Митэ.
δ) автохромный способ.

α) *Способ двойного проектирования* заключается в следующем. Предположим, что мы желаем изобразить на экране в цветах оригинал, изображающий красный квадрат на зеленом фоне (черт. 218). Производим сначала съемку этого оригинала (1) через зеленое стекло (2). Тогда на негативе получится

[1]) См. также Ермилов Н. Е. «Фотография», Игр. 1923 г., стр. 100.

светлый квадрат на темном фоне (3), а на позитиве — темный квадрат на светлом фоне (4). Если спроектировать этот позитив через *зеленое* стекло (5) на экран, то получится светлый квадрат на зеленом фоне.

Теперь тот же оригинал (нижний ряд на чертеже 218) снимаем через красное стекло; получим последовательно негатив с темным квадратом на светлом фоне, позитив — с светлым квадратом на темном фоне. Отбрасывая этот позитив на экран через *красное* стекло, получим красный квадрат на светлом фоне.

Если теперь оба изображения на экране навести до совпадения друг с другом, то получится красный квадрат на зеленом фоне (7), т.-е. точное воспроизведение красок оригинала (1).

Черт. 218. Схема цветной съемки (двойное проектирование).

Описанный способ пригоден, однако, не для всех цветов, так как разные цвета неодинаково влияют на эмульсию пластинки. В особенности плохо выявляется фиолетовый цвет, так как он действует на пластинку как белый цвет.

β) *Способ Максвелля.*

Максвелль (Maxwell) в 1860 году показал, что, смешивая три цвета — красный, зеленый и сине-фиолетовый, можно получить для глаза впечатление любого цвета, и высказал мнение, что задача цветной фотографии будет разрешена, когда удастся получить *три изображения* одного и того же предмета, при чем у этих изображений распределение яркости цветов предмета

точно совпадет с отношениями, в которых цвета смешаны, и когда эти три изображения в своих основных цветах будут проектированы друг на друга.

Сущность этого способа заключалась в следующем: цветной предмет снимался три раза: первый раз—через красный фильтр, второй раз—через зеленый, и третий — через сине-фиолетовый. Каждый из полученных трех позитивов окрашивается в ванне с краской в цвет, дополнительный соответствующему съемочному фильтру. Затем все позитивы накладываются один на другой с точным совпадением частей изображения. Полученный диапозитив будет цветным и даст при помощи обыкновенного волшебного фонаря на экране изображение в натуральных цветах.

γ) *Способ Ивеса-Митэ.*

Способ этот, предложенный Ивесом (Ives) и усовершенствованный Митэ (Miethe), состоит в следующем. Цветной оригинал снимается три раза через красный, зеленый и сине-фиолетовый фильтры. По трем этим негативам изготовляются диапозитивы, которые затем проектируются на экране при помощи трех волшебных фонарей с тремя цветными стеклами так, чтобы все три изображения на экране точно совпали друг с другом. Тогда на экране получится изображение в натуральных цветах.

δ). *Автохромный способ.*

Этот способ по идее отчасти похож на способ Максвелля. Здесь также получается один цветной диапозитив, но только не накладыванием трех разноцветных отдельных диапозитивов один на другой, а получением их на одной и той же пластинке следующим образом. Стекло пластинки покрывается мелкими зернами, окрашенными в красный, зеленый и сине-фиолетовый цвета. Поверх этих зерен наносится чувствительная эмульсия. Упомянутые зерна образуют как бы три фильтра, каждый из которых пропускает лишь лучи одного цвета. Таким образом на эмульсии получатся три отпечатка, один в другом. Негатив превращается в диапозитив и кажется цветным при сквозном свете.

c) *Цветная кинематография.*

Для получения на экране цветных кинематографических изображений при помощи съемки в натуральных цветах существует несколько способов, из которых мы опишем лишь три, а именно:

1) Способ Miethe-Hansen'a (одна лента с тройным количеством снимков).

2) Способ Friese-Green'a (две ленты).

3) Способ Urban'a-Smith'a (одна лента с двойным количеством снимков).

Наиболее вошел в практику способ Urban'a-Smith'a.

1. *Способ Miehte Hansen'a.*

Немецкий ученый Мите (Miethe) в сотрудничестве с Ганзеном (Hansen) предложили следующее устройство съемочного кинематографического аппарата для получения цветных лент. Кроме обыкновенного обтюратора в камере вращается еще и цветной с тремя секторами: красным, зеленым и фиолетово-голубым.

Для того чтобы получить нормальное впечатление о движении предмета, приходится, вместо обычной скорости движения ленты — 16 снимков в секунду, пропускать ее почти с утроенной скоростью (около 48 снимков в секунду), так как группа из трех последовательных снимков будет соответствовать прежнему одному снимку, и каждый снимок из трех будет снят через разные фильтры цветного обтюратора. Так как при такой быстрой съемке экспозиция должна быть короче, нежели при нецветной съемке, то пришлось применять ленты особой чувствительности. При проектировании ленты на экран добавляют к проектору такой же цветной обтюратор, как и в съемочном аппарате.

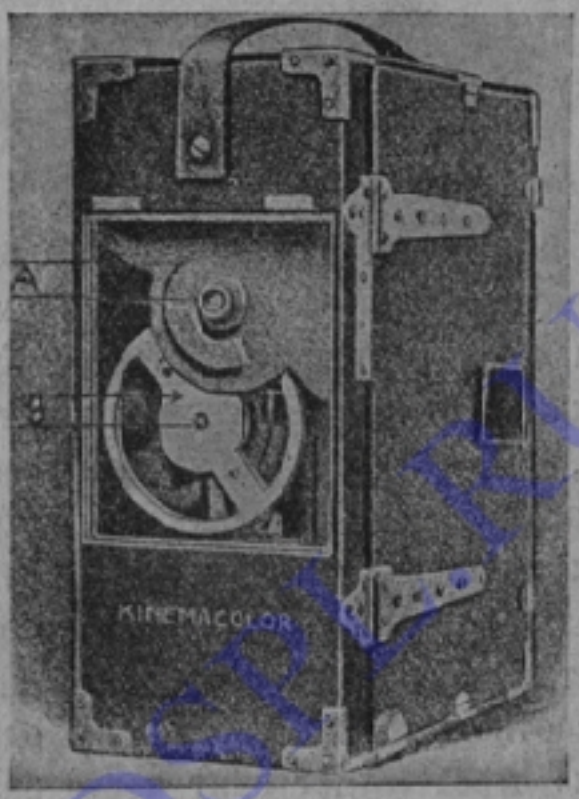
Однако, соединение трех последовательных цветных снимков одной фазы движения в один получалось на экране плохо, почему этот способ не нашел применения на практике.

2. *Способ Friese-Green'a.*

Фризе-Грин (Friese-Green) построил двойную съемочную камеру с двумя объективами. В каждое отделение закладывается по отдельной ленте. Каждое отделение работает независимо, на-

подобие стереоскопической камеры. Съемка на каждую фильму производится через соответствующий вращающийся цветной обтюратор с секторами: красным, зеленым и фиолетово-голубым. Цветные обтюраторы обоих отделений так смонтированы, что после съемки в одной камере через красный фильтр, в другой — съемка происходит через фиолетово-голубой и т. д.

При проектировании на экран цветные фильтры перед объективами двух проекторов устанавливаются подобным же образом, т.-е. когда один объектив, только что спроектировавший на



Черт. 219. «Кинемаколор» Урбана Смита.

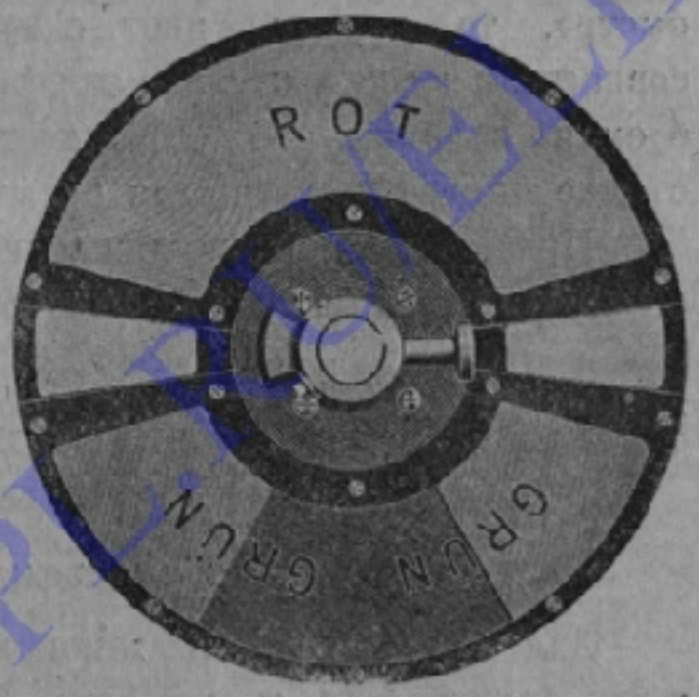
Черт. 220. Кинолента для «кинемаколора» Урбана-Смита.

экран красную картину, закрыт, другой объектив проектирует голубую картину и т. д. На каждую ленту в секунду приходится 16 снимков. Таким образом, всего проходит на экране в секунду 32 снимка. Особенность этого способа еще заключается в том, что экран остается всегда освещенным то одним, то другим проектором. Следует, однако, заметить, что и при способе Фризе-Грина замечается неполная иллюзия окраски, появляются радужные каемки вокруг контуров предметов на экране. Кроме того трудно добиться совпадения картин обеих лент, в особенности после ремонта картин в монтажной мастерской.

3. *Способ Urban'a-Smith'a.*

В 1902 году англичане Урбан и Смит (Urban and Smith) изобрели способ двуцветной съемки на одну фильму и проектирование цветных изображений на экран при помощи одной фильмы. Аппарат их системы назван ими *кинемаколор*. На черт. 219 изображен внешний вид съемочной камеры, при чем снята доска с объективом. Между объективом и лентой имеется два обтюратора, один обыкновенный А, другой прозрачный, двуцветный (зеленый и красный желатин) В.

За один оборот цветного обтюратора обыкновенный поворачивается два раза. Таким образом экспозиция совершается то под красным, то под зеленым светом. Лента имеет длину вдвое большую, чем обыкновенно, так как каждую фазу движения предмета приходится снимать два раза. Таким образом в секунду проходит 32 снимка. С негатива изготовляется позитив так же, как и для обыкновенного кинематографа. Обыкновенно против картинок, соответствующих зеленому фильтру, делается отметка на каемку в виде небольшого пятна или буквы, как это видно на черт. 220, где изображен кусок ленты для кинемаколора. Изображена кошка, пьющая молоко.



Черт. 221. Обтюратор «кинемаколора» Урбана - Смита.

При склеивании таких лент необходимо следить, чтобы не попадали подряд две картины одноцветной съемки, а непременно, чтобы зеленая (G - green) съемка чередовалась с красной (R - red).

На чертеже 221 изображен обтюратор проектора.

Прерывистое движение ленты достигается при помощи пальца. Кроме обыкновенного обтюратора, помещаемого перед объективом, устанавливается еще другой, цветной, между конденсатором и лентой. Скорость вращения цветного обтюратора в два раза

медленнее первого. Цветной обтюратор имеет два окрашенных сектора — красный и зеленый, при чем последний в середине двойной (две желатиновые фольги наложены одна на другую).

Для восполнения недостающего голубого цвета первый обтюратор, помещенный перед объективом, имеет вместо темного сектора — сине-фиолетовый прозрачный сектор, который в момент смены картин бросает на экран голубой луч через промежуточные просветы второго обтюратора. Однако, это приспособление не вполне достигает цели, так как дает голубую окраску не только тем частям изображения, которые в этом нуждаются, но и всем остальным, почему не достигается полной иллюзии цветов. Кроме того, если окрашенный снимаемый предмет движется быстро, то красный цвет одной картины экрана не успеет совпасть в глазу зрителя с другой, и поэтому не достигается требуемая иллюзия. В особенности этот недостаток заметен при съемке быстро движущихся белых частей предмета.

При медленном же движении предмета и при ярком освещении кинемаколор дает прекрасные результаты.

§ 16. Киносъемка звука и некоторые применения кино.

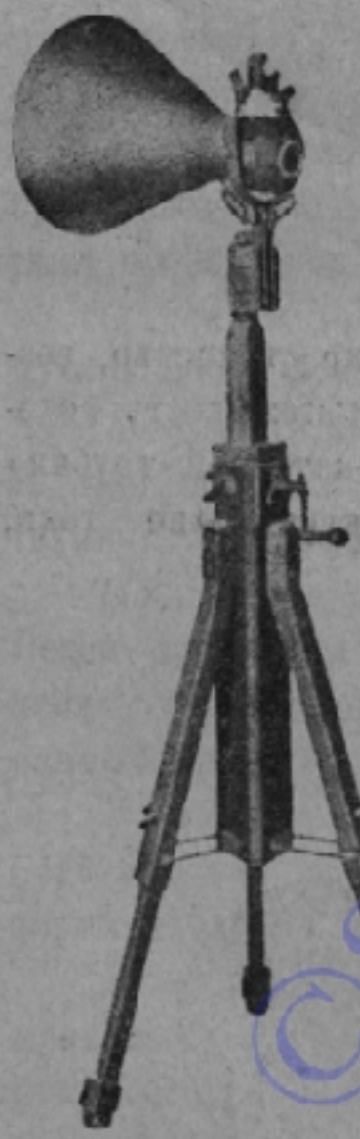
Киносъемка звука.

Для записывания и демонстрации звука долгое время служили фонограф и граммофон. Однако, до последнего времени плохо удавалось достичь согласования работы кинематографа и граммофона при демонстрации, например, игры артиста одновременно с передачей его речи. Обычно граммофон воспроизводил речь, а кинематограф — игру, и достаточно было ленте оборваться и потом быть склеенной, с потерей нескольких снимков, как уже зритель замечал несоответствие граммофона и экрана; артист на экране уже перестал говорить и закрыл рот, а граммофон продолжал еще говорить. Избежать такого расхождения стремились многие изобретатели.

Простейшим способом достичь автоматического согласования звука с картиной, казалось бы, было воспроизведение его и картины на одной и той же ленте; тогда разрыв и вырезка нескольких клеток не повлияли бы на их согласование. Однако, такой

способ представлял ряд больших затруднений, и лишь сравнительно недавно эта задача была разрешена в Германии тремя немецкими изобретателями: Вогтом, Массоле и д-ром Энглем и во Франции Гокси. Опишем сначала работу Вогта, Массоле и Энгеля.

Главную роль в воспроизведении на кино-ленте звука и картин играет свет. Как известно, звуки отличаются друг от друга силою, высотою и тембром, которые, в свою очередь, зависят от длины и частоты звуковых волн.



Черт. 222. «Электрическое ухо».

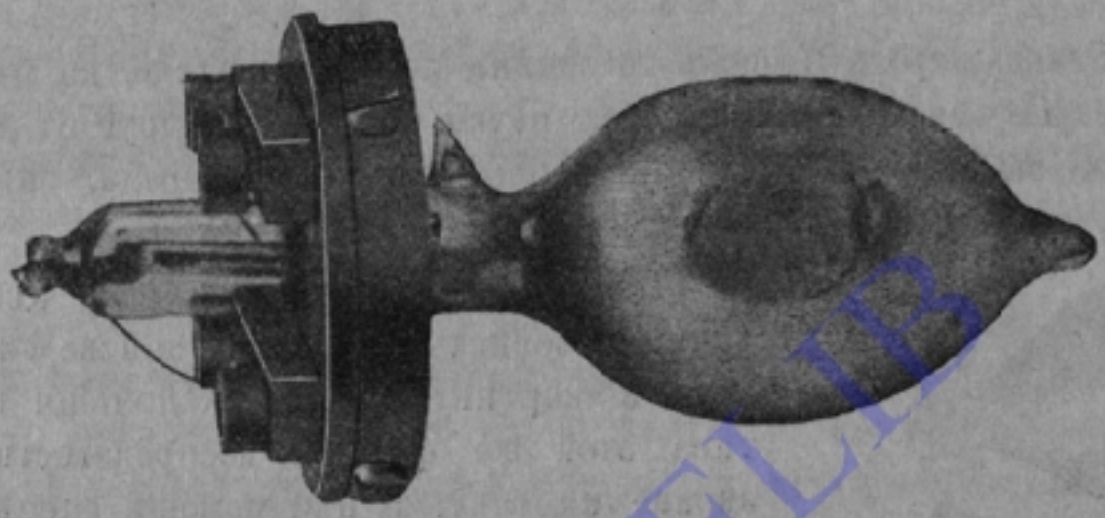
Изобретатели поставили себе две задачи: 1) заснять на одной и той же фильме звук и картину и 2) при помощи позитива этой же фильмы воспроизвести на экране картину, а при помощи специального телефона — звук.

Черт. 223. Кинолента звука.

Для решения первой задачи снимались одновременно: на главной части негативной фильмы — игра артиста, а слева — звуковые колебания, которые, для возможности их съемки, трансформировались в световые при помощи особых приборов: электрического уха и специальной лампы.

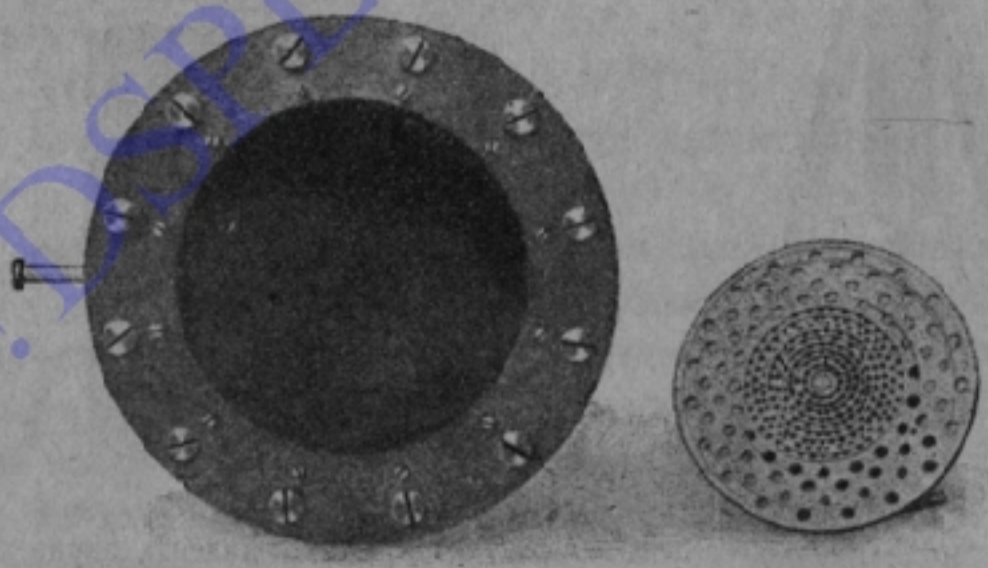
©?DSPLIEB

Электрическое ухо (черт. 222), или катодофон, представляет из себя микрофон, в котором производятся «ионы», т.-е. частицы с электрическими зарядами, наполняющие воздух, заключенные в аппарате. Эти частицы обладают свойством проводить элек-



Черт. 224. «Электрический глаз».

трический ток. Волны звука, попадая в это пространство, возбуждают в нем электрические колебания, напряженность которых зависит от звуковых волн. При помощи «катодной трубки» эти слабые колебания превращаются в электрические токи, в несколько раз более сильные.



Черт. 225. «Новый телефон».

Теперь необходимо эти электрические токи превратить в световые волны. Для этого они подводятся в электрическую лампу особой конструкции. При изменении силы тока лампа будет светить сильнее или слабее, давать продолжительные или короткие вспышки.

©?DSPLR
RUELIB

Эти световые явления и фотографируются на левую часть фильмы и запечатлеваются при ее движении в киносъемочном аппарате в виде темных или светлых, частых или редких полосок. Например, на чертеже 223 редкие и бледные штрихи изображают звук «о», негромко произносимый женщиной.

Далее, обычным способом, делается позитивная кино-лента. Теперь нужно превратить ее штрихи в звук. Для этого полоска освещается лампой. Лучи света, проходя через штрихи, падают на особый аппарат, названный «электрическим глазом» (черт. 224) и представляющий снаружи стеклянный баллон грушеобразной формы. На внутренней стороне баллона имеется металлический осадок, в котором циркулирует электрический ток. Чем сильнее будет свет, падающий на «глаз», тем больше будет электрическая проводимость металлического слоя, при чем эта проводимость точно пропорциональна напряженности и силе тока. Теперь нужно электрические колебания превратить в звуковые. Для этой цели служит аппарат, названный «новым телефоном» (черт. 225). В нем нет ни катушки, ни магнето; он громко воспроизводит звуки в зале, где демонстрируется фильма.

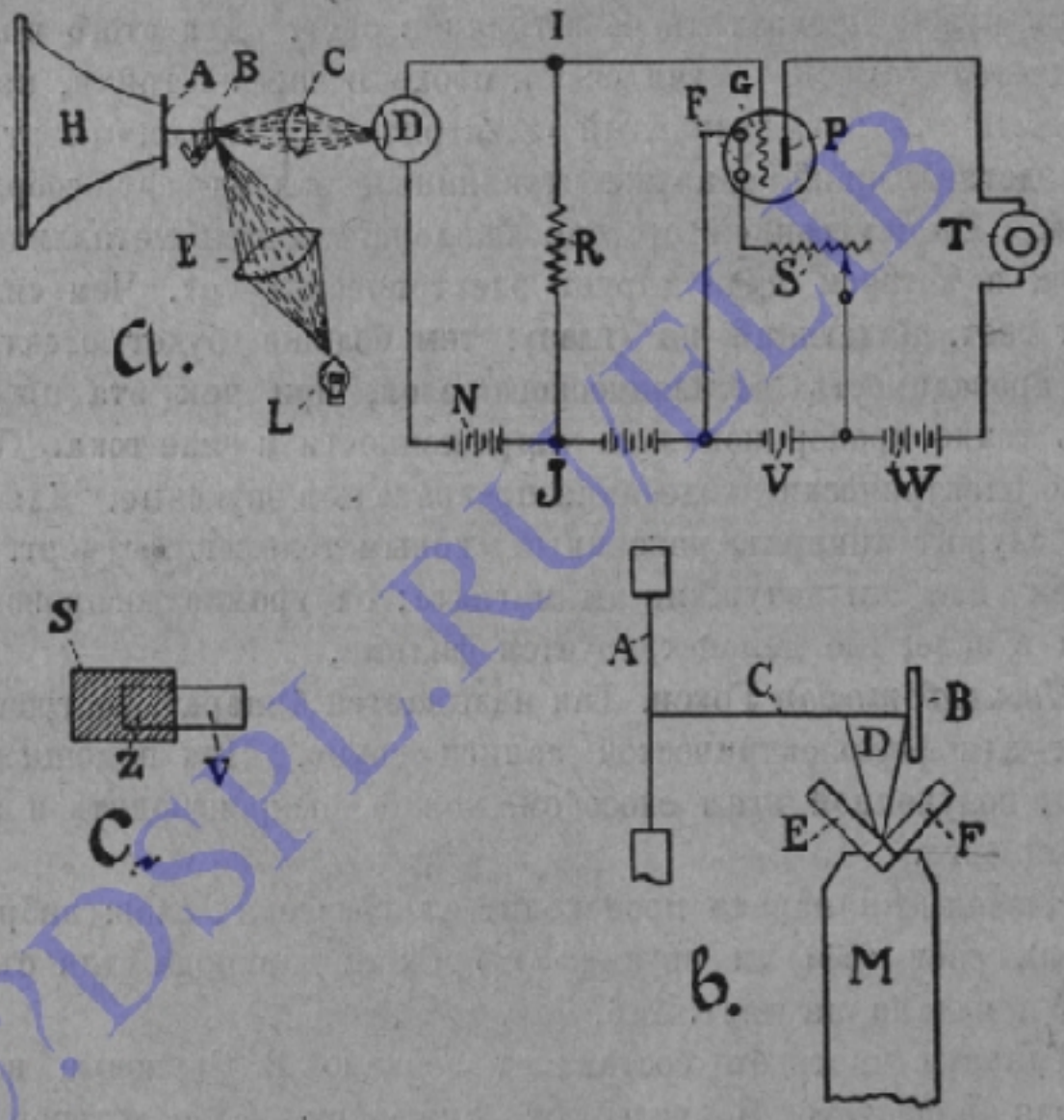
Паллофотофон Гокси. Так называется аппарат, построенный Гокси для фотоэлектрической записи звука. При помощи киноленты, полученной этим способом, можно воспроизводить и записанный звук.

Название аппарата происходит от греческих слов: вибрирую (πάλλω), свет (φῶς) и звук (φωνή) Схема прибора для съемки звука показана на черт. 226.

Главную часть его составляет зеркало B. Звуковые волны, проходя в раструб H, колеблют диафрагму A, с которой при помощи стерженька C (черт. в) соединено зеркало B. Таким образом, вибрации диафрагмы передаются зеркалу. Последнее освещается лучами, идущими через сферическую линзу E от лампы L. После отражения от зеркала B лучи проходят линзу C, направляются в просвет, оставленный в калиевой пленке (pellicule de potassium) и попадают в фотоэлектрическую камеру D. Деталь перегородки, помещенной на пути лучей в этой камере, изображена отдельно на черт. с. Лучи падают на левую часть S фотоэлектрического элемента (D), (эта часть заштрихована) и влияют

более или менее сильно в зависимости от характера пучка света попадающего к камере D.

Колебания диафрагмы A передвигают световой пучок то влево, то вправо и, в зависимости от этого, покрывают светом большую или меньшую площадь чувствительной пластинки V, что влечет за собой большую или меньшую проводимость трубки D. Благо-



Черт. 226. Схема панкфотофона Гокси.

даря этому получаются разные напряжения тока, идущего от батареи N. Таким образом получаются вариации напряжений в борнах I и J. Эти вариации можно увеличить при помощи особых усилителей. Один из таковых изображен на черт. (а). Ток попадает в решотку G трубы с тремя электродами F, G, P. Сопротивление S служит для регулировки нагрева волокон F трубки при прохождении тока, подаваемого батареей V. При помощи тока,

©?DSPL.RU/ELB

идущего от батареи W, телефон T воспроизводит в точности все звуки, воспринимаемые диафрагмой A.

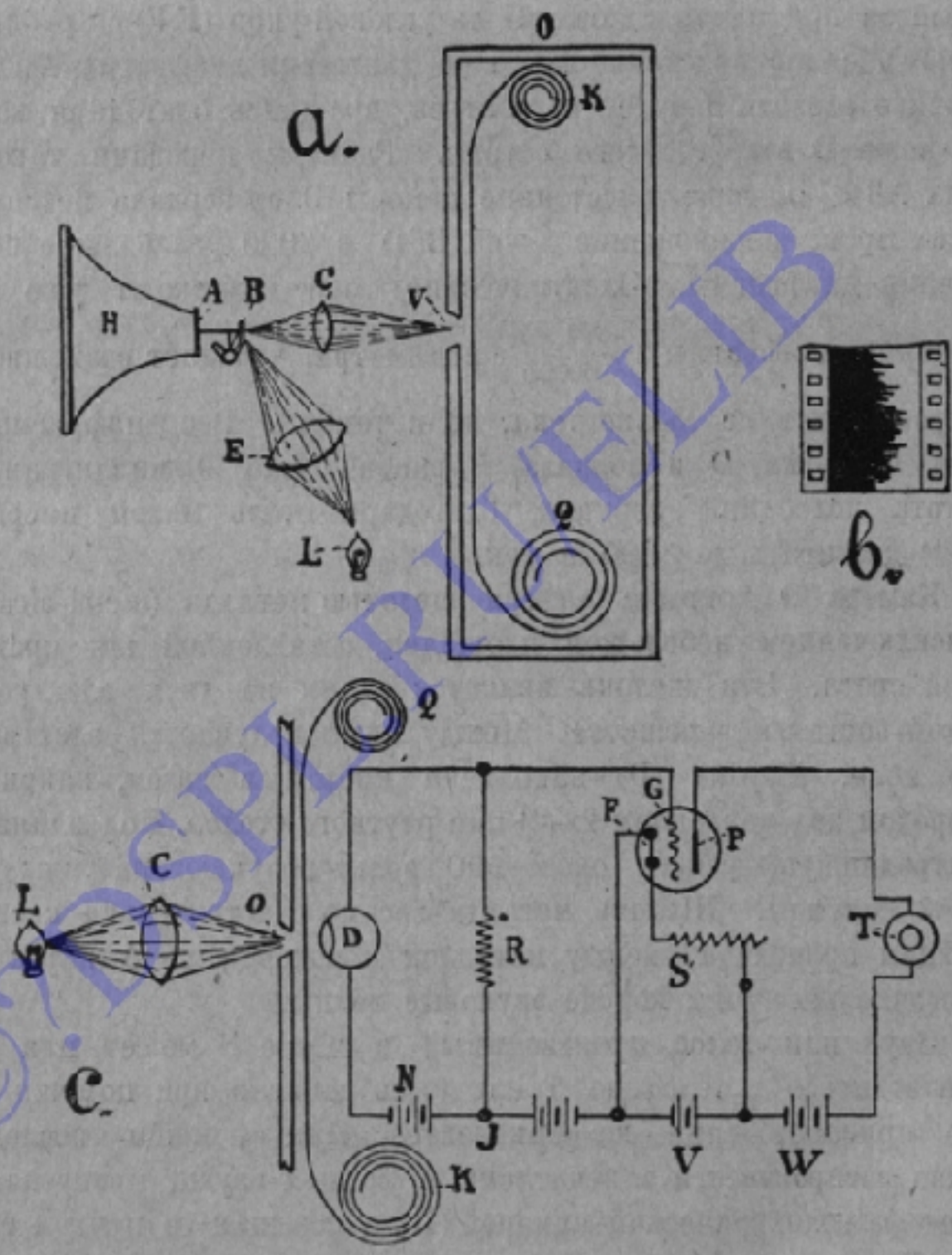
На черт. b изображена деталь передачи от диафрагмы A к зеркалу B. Связь C имеет ничтожные размеры и вес: она опирается при помощи ножа D на угловой упор (E,F) из рубинов, покоящийся на подставке M. При движении диафрагмы A влево и вправо зеркало B будет колебаться, вращаясь благодаря качанию ножа D вокруг своего острия. Размеры передачи таковы: длина AB $< 1/4$ mm; расстояние камеры D от зеркала несколько сантиметров; перемещение лучей BCD в 2000 раз больше перемещения диафрагмы. Электрические токи возникают уже при колебании диафрагмы в $\frac{1}{100000}$ миллиметра, что дает возможность воспроизводить не только тона, но и тембры. Вес диафрагмы A, связи C, ножа D и зеркала B равен около 9 миллиграммов. Частота колебаний зеркала, благодаря столь малой инерции, может достигать до 5000 в сек.

Камера D покрыта внутри щелочью металла (métal alcalia), за исключением небольшой площадки, оставленной для прохождения света. Эта щелочь является одним из двух электродов. Другой составляет решотка. Между ними получается электрическое поле. Трубка (D) наполнена инертным газом, например, водородом под давлением 2—3 mm ртутного столба. Под влиянием электродвижущей силы около 300 вольт получают разряды в 2 или 3 секунды. Щелочь металла весьма чувствительна к свету. Реакция происходит между металлом и водородом. Аппарат тем чувствительнее, чем короче звуковые волны.

Звук или голос, производимый в месте H может или воспроизводиться в телефоне T или быть записан при помощи особого приспособления на киноленте. При помощи последней можно воспроизвести запечатленные на ней звуки, пропуская ее перед фотоэлектрической камерой (D) и освещая ее пучком света BC. Присоединяя к этой ленте обычную киноленту, на которой заснято действие артистов, получим киноленту звука и действия.

На черт. 227 изображена схема записи на киноленте только звука. Звуки идут в раструбе H, колеблют диафрагму A и зеркало B. Пучок света передает колебания на перегородку

у входа V. и далее падает на пленку, сматываемую с ролика K и наматываемую на ролик Q в фотокамере O. На черт. в показан кусок проявленной ленты с записью звука. Обратное проектирование звука при помощи такой ленты показано на



Черт. 227. Киносъемка и кинопроектирование звука по Гокси.

черт. с. Здесь слева—электрическая лампа L, бросающая через линзу C свет на ленту, сматываемую с ролика Q на ролик K; далее процесс идет так же, как и раньше, и звук получается в раструбе T.

При желании получения одновременной (синхронной) записи звука (голоса) и движения (жестов и игры) артистов при условии полного их соответствия, можно избрать два пути.

1) записи голоса и игры на одной ленте. Однако, это требует по методу Гокси плавного (а не прерывистого) движения ленты. Такое движение, хотя и достижимо, но в практику еще не вошло.

2) записи голоса на одну движущуюся фильму, а игры на другую движущуюся прерывисто [1]).

Как можно заключить из предыдущего описания, техника производства таких фильм, а в особенности необходимых для этого аппаратов, не проста и требует больших технических приспособлений, включая сюда специальные лаборатории для добывания жидкого воздуха, разряжения его, изготовления катодных ламп, получения температуры от 200° до 2700° С и т. п.

Принцип относительности Эйнштейна в кинолентах.

В виду того широкого распространения, которое приобрели в России идеи относительности Эйнштейна, будет небезынтересно указать применение кинематографа для иллюстрации этой идеи.

Со времени появления теории Эйнштейна возникла необходимость в наглядном демонстрировании принципа относительности при помощи кинолент. Однако, при этом приходилось сталкиваться с рядом технических затруднений.

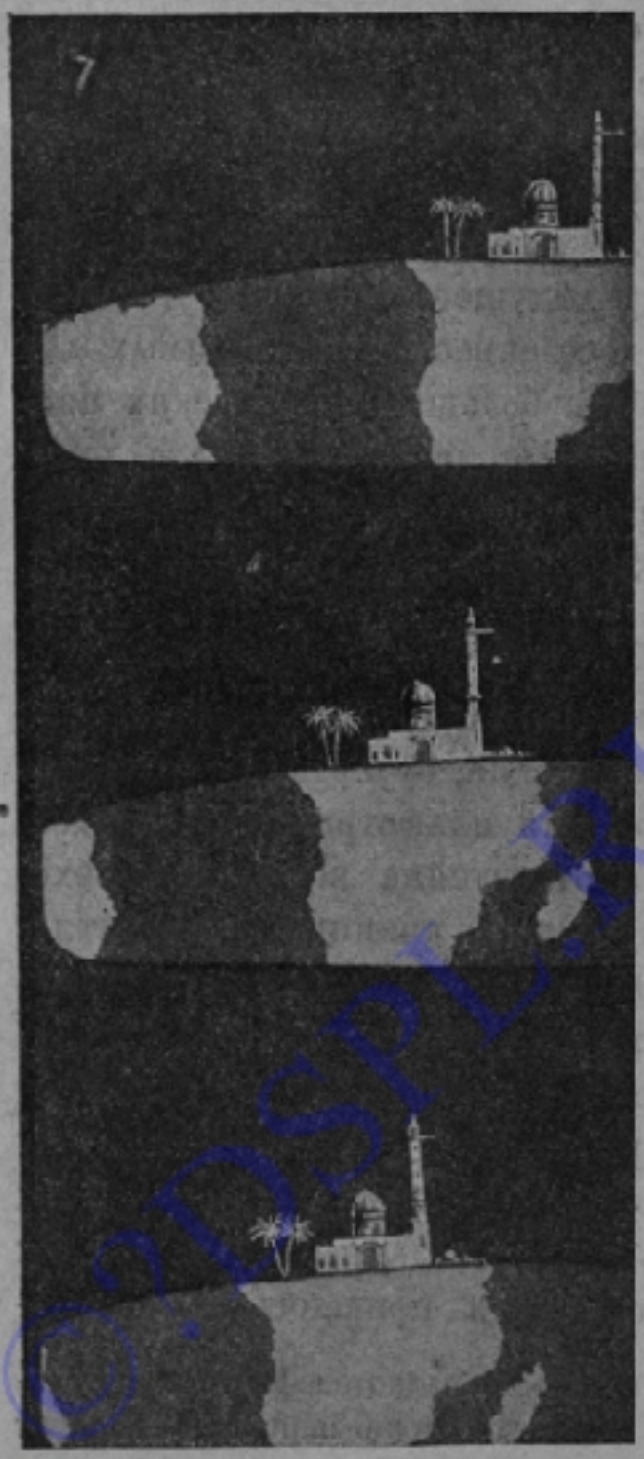
Обычные доказательства этого принципа сопровождаются массою не легко усваиваемых расчетов и диаграмм. Поэтому всякое наглядное доказательство этого принципа, например, при помощи кинолент, было бы весьма желательным. Однако, для доказательства принципа относительности пришлось бы осуще-

---

[1]) Включая вместо телефона T в этом месте радиотелефонные модуляторы, построенные по усилителю FGP, можно по схеме черт. 226 аппарат превратить в радио-телефонный передатчик.

Литература: 1) «Le pallophotophone» par. J. L. b «Le Génie Civil» 1923, pg. 621.
2) «Journal of the American Institute of Electrical Engineery» Mai 1923.
3) «Radio — Electricité» 1922. Février.
4) «Génie Civil» 1880. 1—15 Novembre: NN° 1 et 2; pg. 18 et 37.
5) «La Nature» 30 Janvier 1904, p. 127—128.
6) «L'eclairage Electrique», Février 1902, p. 225.

ствить громадную скорость движения ленты в киноаппарате, что технически невыполнимо.



Черт. 228. Принцип относительности в киноленте (падение шара).

Тем не менее, в Германии в 1922 году, появилась лента, которая наглядно иллюстрирует (но не доказывает) этот принцип, и для тех, кто знаком с ним, она является полезным педагогическим пособием.

Одним из главных положений Энштейна, как известно, является следующее: «Предметы не всегда таковы, какими они кажутся, и даже не всегда кажутся одними и теми же».

Рассмотрим, например, вертикально падающий шар. Если наблюдатель будет перемещаться вместе с тем пространством, в которое брошен шар, то путь, описанный шаром, будет казаться прямолинейным, если же наблюдатель изолирован от этого пространства, то путь будет казаться параболическим.

Обычно в теории относительности, это явление иллюстрируется опытом бросания шара сзади поезда. В кинолентах же этот опыт ставится так (черт. 228). Шар падает с вершины декорации башни, укрепленной на большой модели поверхности земли. Вся декорация вращается вокруг оси, проходящей через центр воображаемой земли, и кинооператор является как бы наблюдателем, находящимся вне пространства земли, башни и шара. Если мысленно соединить точки (белые) центра падающего шара, то получится парабола.

Еще пример: представим себе поезд бесконечной длины, несущийся слева направо по бесконечно длинному воздуху со скоростью, мало отличающейся от скорости света. На чертеже 229 показаны голова и хвост этого поезда с двумя циферблатами, при помощи которых можно подавать световой сигнал, распространяющийся видимым образом (со скоростью света) по стеклянной трубке внизу вдоль колес от хвоста поезда к голове его. На верхнем снимке левый циферблат начал давать сигнал, на среднем рисунке сигнал дошел до средины поезда и на нижнем — до его головы.

Черт. 229. Принцип относительности в киноленте (движение света).

Хотя свет и пролетит от хвоста к голове в виде точки, но, благодаря попутному движению поезда со скоростью, лишь немногим меньшею скорости света, зрителю, удаленному на большое расстояние от поезда, свет будет казаться не в виде точки, а в виде линии. Далее, если в момент начала сигнала (верхний снимок), часы поезда (движущиеся) и часы, установленные на быках виадука (неподвижные) показывали одно и то же время, то через некоторое время, когда сигнал дойдет с хвоста к голове поезда, циферблаты последнего подвинутся вправо; свет от них к наблюдателю запоздает по сравнению света от часов виадука, и потому, когда часы виадука покажут, например, 20, часы поезда будут показывать лишь 10 и т. д.

Глава VI. Киноперспектива.

§ 17. Элементы киноперспективы.

а) *Общие соображения.*

В природе нет покоя. Все течет (πάντα ῥεῖ), сказал древний греческий мудрец. Действительно растения и животные растут, воздух движется, неодушевленные предметы все время деформируются. Движения различаются скоростями: некоторые из них нами ощущаются, когда их скорости соответствуют способности воспринимать их нашими чувствами, но большинство движений природы нами восприняты быть не могут: одни—благодаря их медленности (например, рост растений), другие—благодаря их быстроте (движение крыльев комара, полет пули), третьи—благодаря вообще их невидимости (движение воздуха).

Для изображения движения применяются разные способы:

1) *Художники реалисты* изображают какой-либо *один момент движения*, например, прыжок лошади через препятствие, когда она проносится над верхом его. При этом, для изображения *скорости* движения применяются особые приемы: волосы, грива, хвост, складки материи—направляются в направлении ветра, ветви деревьев также отклоняются, изображаются вихревые кольца пыли и т. п.

Перспективу, обнимающую способы изображения неподвижных предметов или движения в данный момент, можно назвать *статической*.

Кроме того, стремясь к бо́льшей широте, высоте и глубине изображения, они часто дают движение по изображаемому предмету, а самому художнику, рисуя разные части картин не *с одной точки зрения*, а с разных. Этот же прием применяют и театральные декораторы.

2) *Художники футуристы* на одной и той же картине изображают предмет в разные моменты его движения, например,

идущий человек изображен несколькими видами, сдвинутыми друг относительно друга на промежутки, соответствующие изменению положения его рук и ног. При этом они чаще изображают движения, параллельные картине (фланговые или фронтовые), что легче, а не в глубину картины, что труднее. Природа сама дает нам примеры таких изображений; как тропинки, образованные накоплением следов людей и зверей.

Не этим ли руководствовались индусы, изображая многорукую богиню Кали?

3) *Кино-картины,* дают самый совершенный пока способ изображения движения.

4) *Разные механические приборы* воспроизводят движения, подчиненные определенным законам.

Способы изображения движений, а также сокрытия их нашли себе применение также в войне. Отдел науки, занимающейся вопросами сокрытия движений и создания ложных движений можно назвать «киномаскировкой», в отличие от установившегося термина «маскировки», т.-е. сокрытие вообще чего-то от взоров наблюдателей.

Под термином «маскировка» понималось, да и теперь понимается, главным образом, статическая маскировка, т.-е. сокрытие неподвижных предметов или создание ложных неподвижных предметов, вводящих неприятеля в заблуждение.

Вопросы же «кино-маскировки» разработаны весьма слабо.

Древние времена и средневековые сохранили нам несколько примеров маскировки. По данным летописей, в период войн между Нестрией (или западной Францией) и Остразией (восточной Францией), королеве Нестрии Фредегонде удалось напасть на противника врасплох. Она приказала солдатам, чтобы каждый из них запасся большой ветвью с густой листвой. Прикрываясь ветвями, армия королевы приблизилась на рассвете к неприятельскому лагерю, не будучи обнаруженной сторожевыми постами противника, принявшими ее за лес. Нестрийские войска ворвались в лагерь противника так неожиданно, что противник не успел схватить оружия. Это имело место у Лаффо около Шемэн-де-Дам [1]).

---

[1]) Напомним аналогичную сцену из «Макбета» Шекспира, движения Дунганского леса — (ветви, прикрывавшие нападавших воинов).

Во время войны часто применяется дымовая завеса, следуя за которой можно подойти ближе к неприятелю, или уйти из под его обстрела.

За последнее время подобные дымовые завесы создают себе аэропланы, метающие бомбы в морские суда и укрывающиеся от снарядов противника за дымом.

Часто пользуются для сокрытия движения способом *мимикрии*, т.-е. окраской движущегося предмета под цвет окружающей местности или придающем ему формы, похожей на форму окружающих предметов.

Иногда пробовали для обмана неприятеля создавать ложные рельефные перспективы с малой глубиной. Однако, такая декорация, подобно театральной, давала иллюзию лишь с определенной точки зрения. При наблюдении же ее с другой точки, декорация цели не достигала.

Особое внимание при маскировке обращается на демаскирующее влияние света и тени.

Тень, падая от предмета невидимого, например, с аэроплана, может выдать его своим очертанием; летчики, сняв фотографии с одной и той же местности в разное время дня, могут, по *движению* теней, разгадать форму предмета их отбрасывающего.

Декорация создает хорошую иллюзию лишь на известном расстоянии, довольно при этом не большом, и при однообразном освещении, как это имеет место в театре.

В природе же освещение меняется ежеминутно: предметы утрачивают свой обычный тон, изменяющийся и разлагающийся на основные цвета в зависимости от времени дня, расстояния, условий преломления света и свойств рассматриваемых предметов.

В способности различать с высоты различные предметы, фотографические предметы и особые сорта пластинок и пленок стоят значительно выше нашего зрения.

Для уничтожения теней, выдающих форму предмета, окружают его декоративными предметами, дающими главный переход его формы к рельефу местности и тем уничтожающими тени. Иногда, изменяют декорацией контуры и размеры предмета и тем изменяют и форму тени. Иногда имитируют тень от несуще-

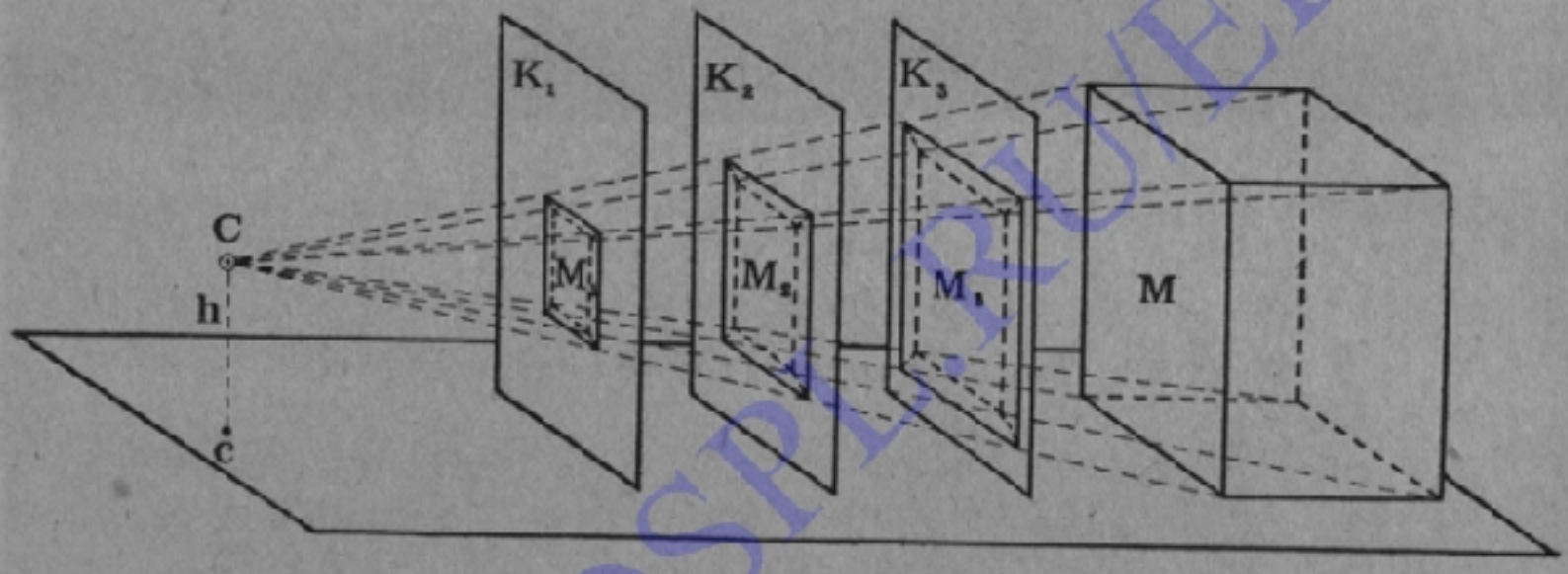
ствующего предмета, изображая ее в виде черной материи, передвигаемой с помощью часового механизма. Наконец, набросок хвороста вокруг предмета, также разбивает тень и уничтожает ее резкие контуры.

Законы кино-маскировки еще не установлены, к выяснению их еще лишь приступают.

Здесь я привожу список некоторых сочинений, которые могут послужить пособиями для лиц, интересующихся этим делом [1]).

b) *Влияние перемещения картины и точки зрения.*

Рассмотрим на примерах, как будет меняться изображение предмета при изменении оптических и основных элементов картины, т.-е. при перемещении точки зрения и картины относительно



Черт. 230. Параллельное перемещение картины.

друг друга и относительно предмета, при чем будем предполагать, что последний неподвижен [2]).

Для простоты рассмотрения будем строить в различных случаях перспективу одного и того же кубика и, кроме того, будем иногда, в пояснение, приводить картины разных предметов.

---

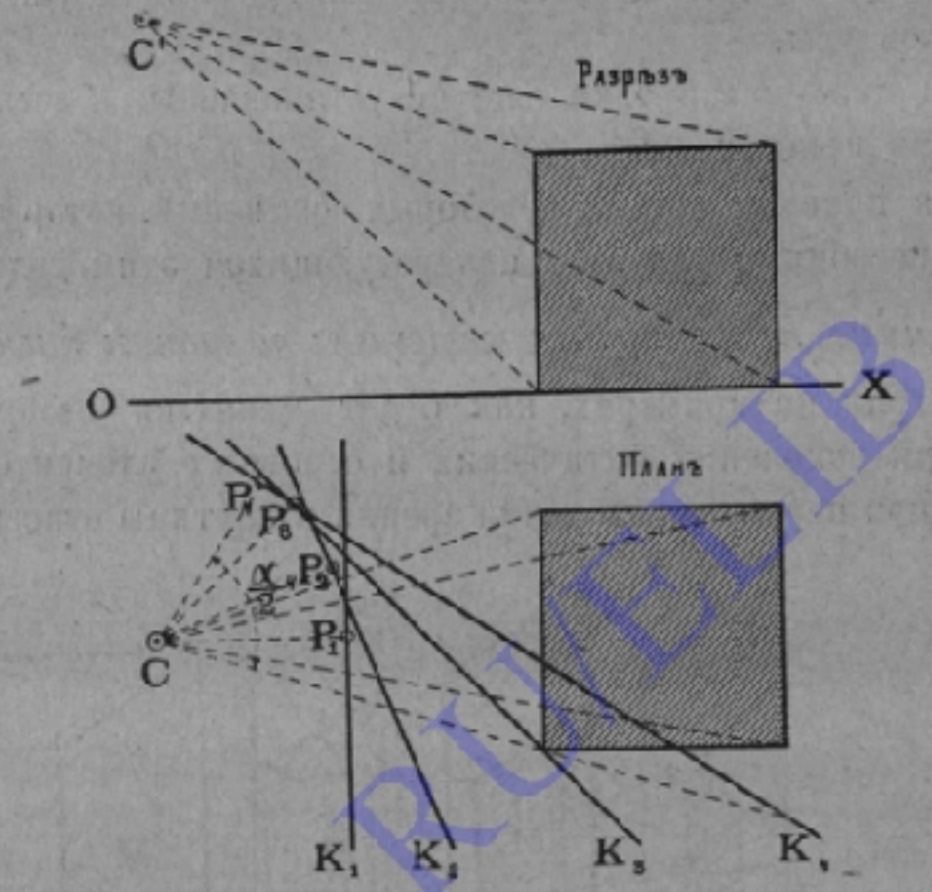
[1]) «Военно-Маскировочный сборник». Под редакцией Ф. Кригер. Москва, 1923.

«Маскировка», Л. Скляр и Д. Евдокимов. Москва, 1923.

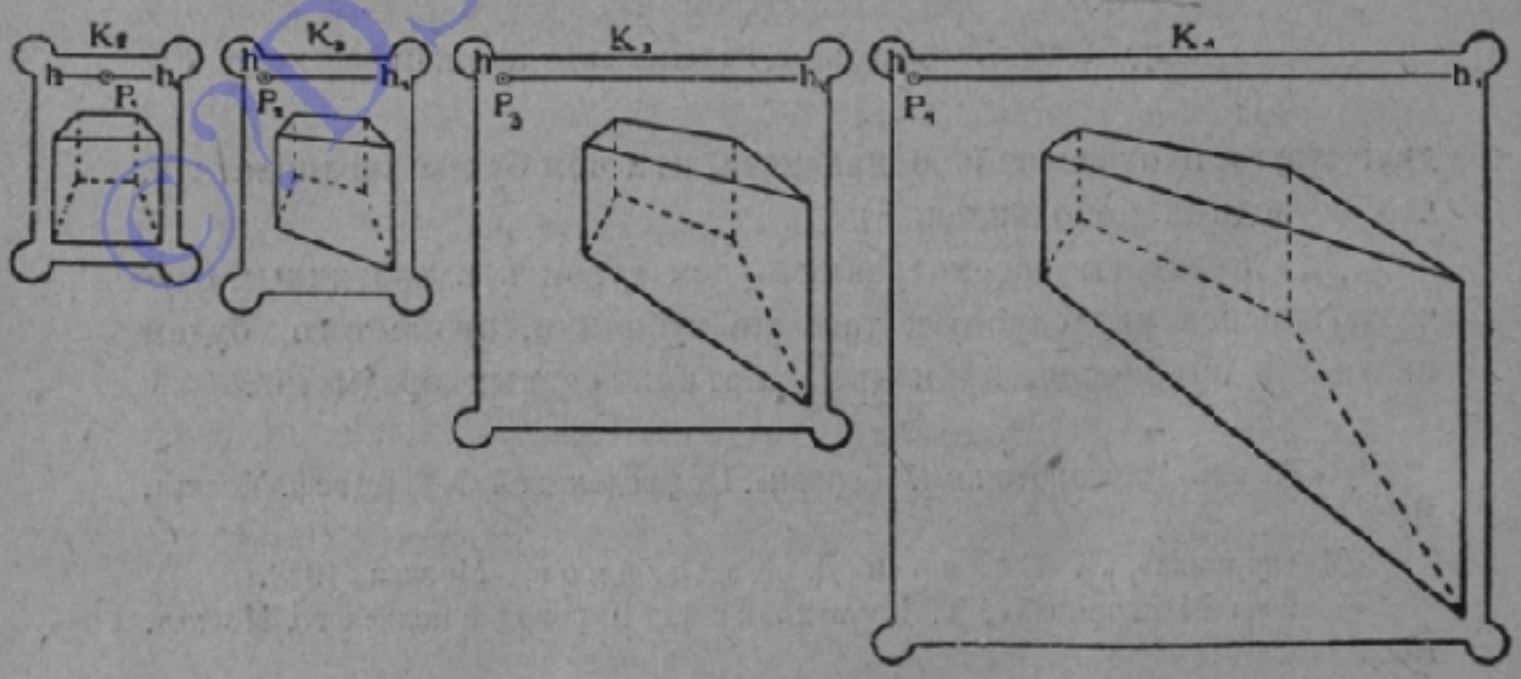
«Основы Маскировки», Т. Ружицкий. Перевод с польского, Москва. 1922.

«Декоративная маскировка», П. Теплов и А. Цветков. Москва, 1923.

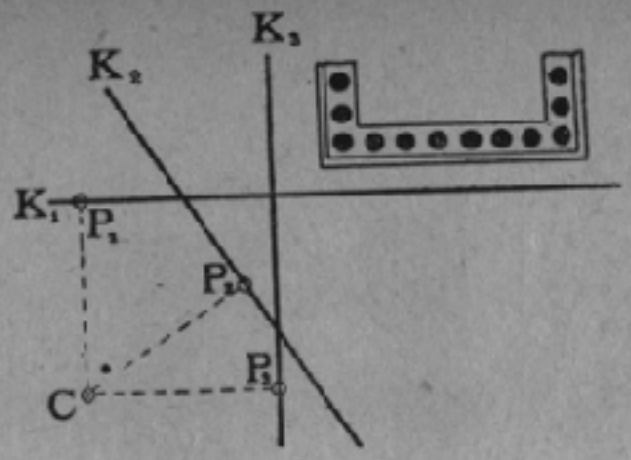
[2]) Основы перспективы см. наше сочинение «Перспектива». Игр. 1918 г.



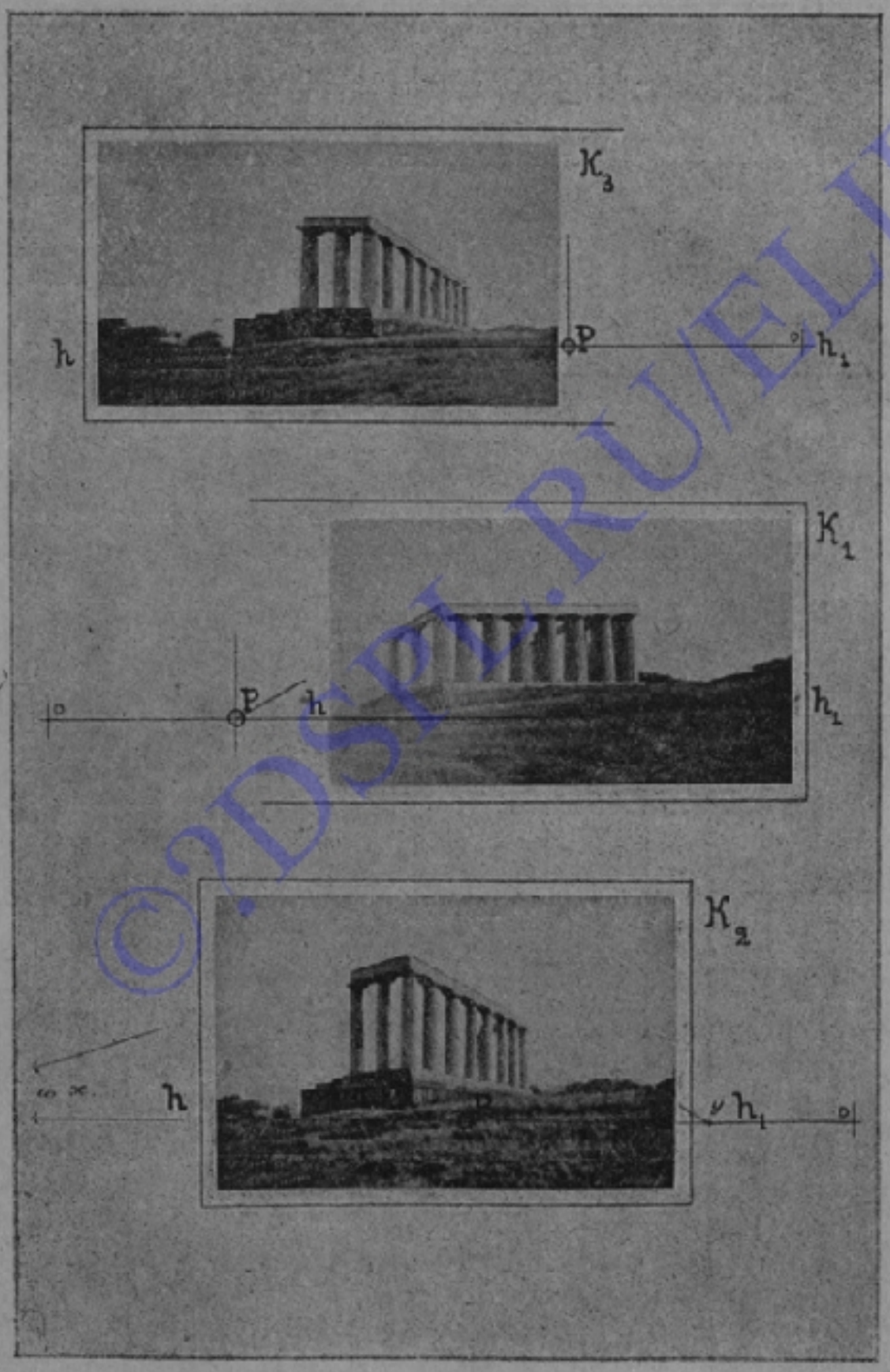
Черт. 231. Вращение картины вокруг вертикальной оси.



Черт. 232. Перспектива куба.

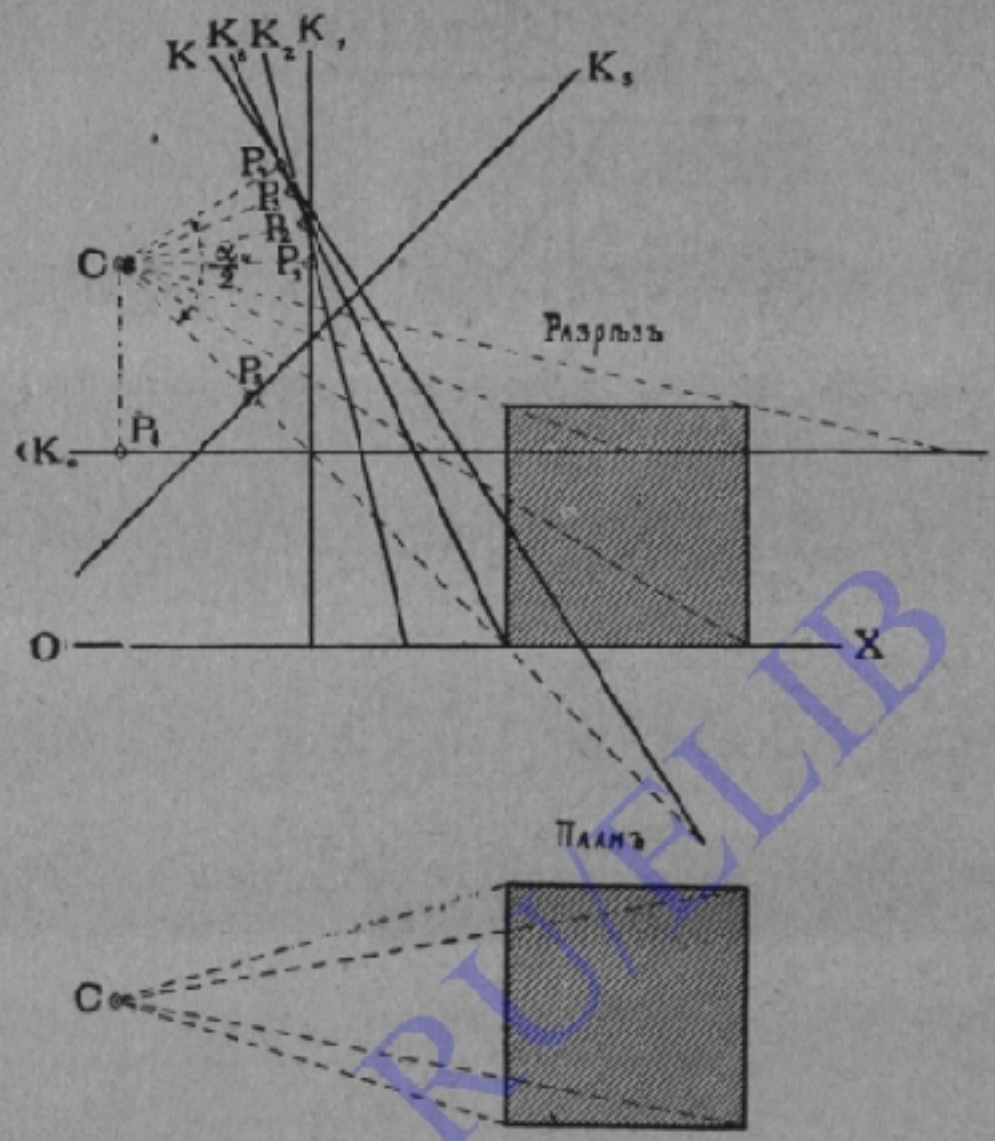


Черт. 233. Вращение картины вокруг вертикальной оси.

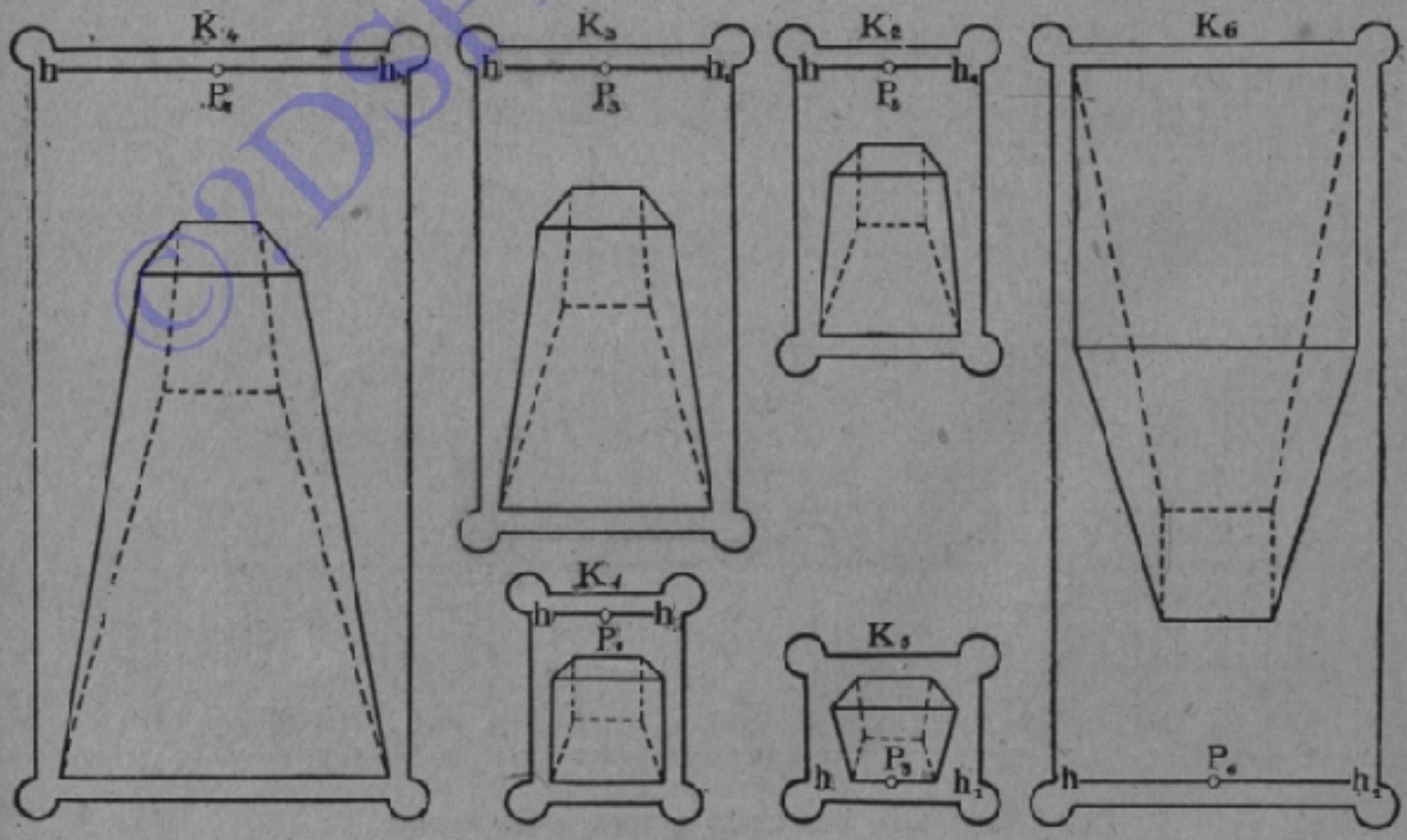


Черт. 234. Колоннада с трех точек зрения.

©2DSPI.RU/ELIB

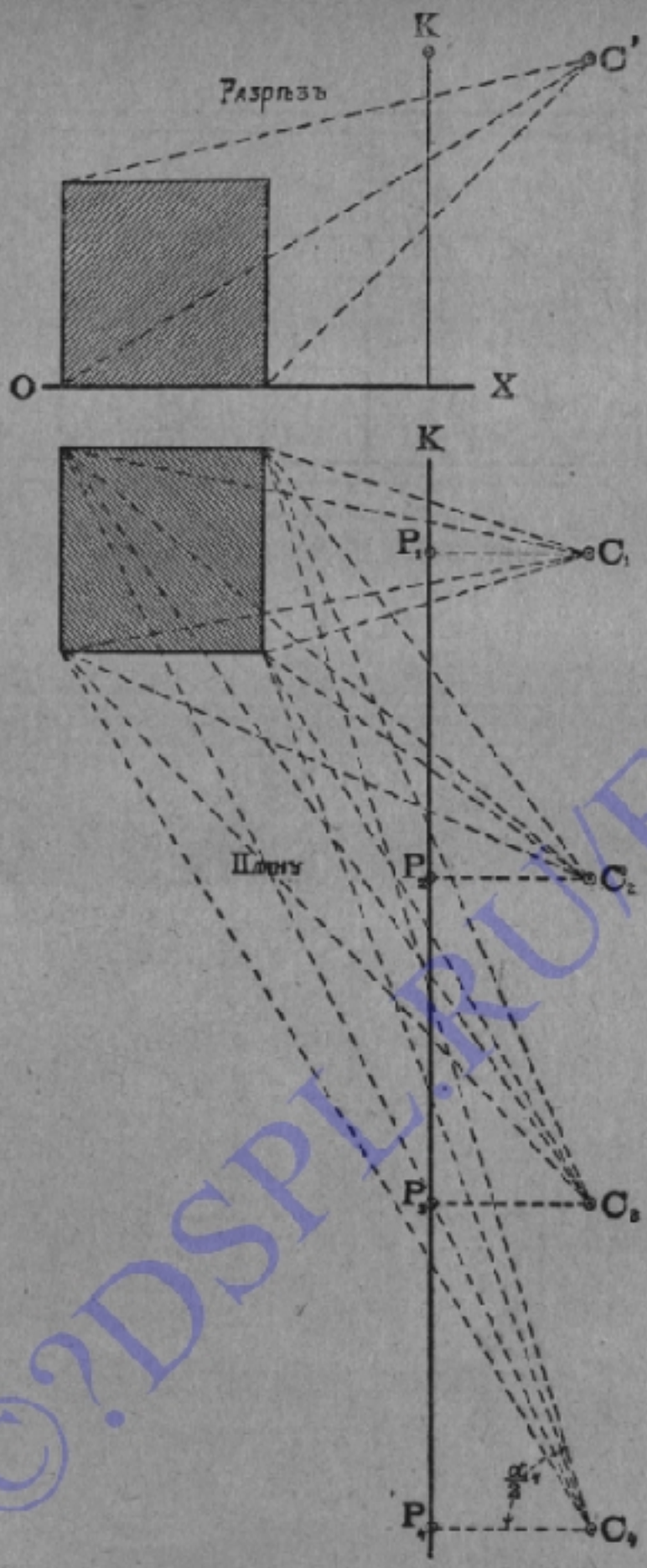


Черт. 235. Вращение картины вокруг горизонтальной оси.

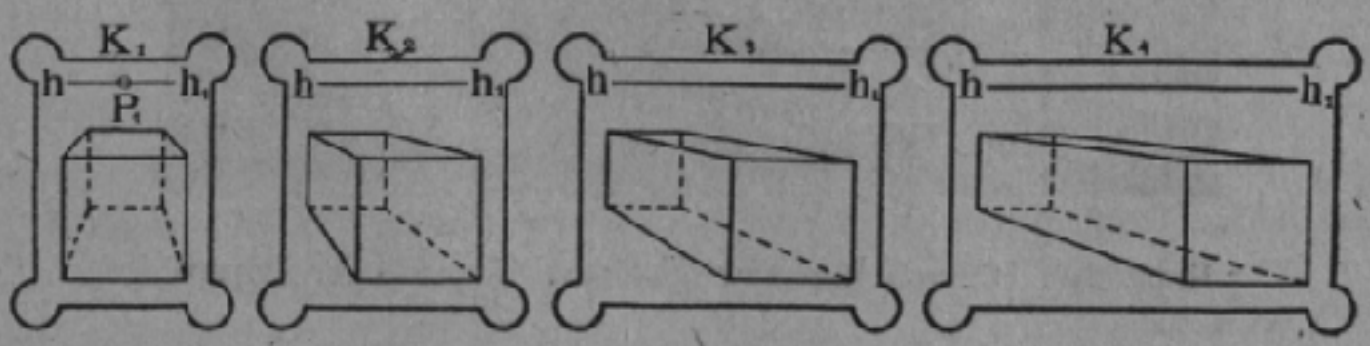


Черт. 236. Перспектива куба.

©2DSPL.RU/ELIB

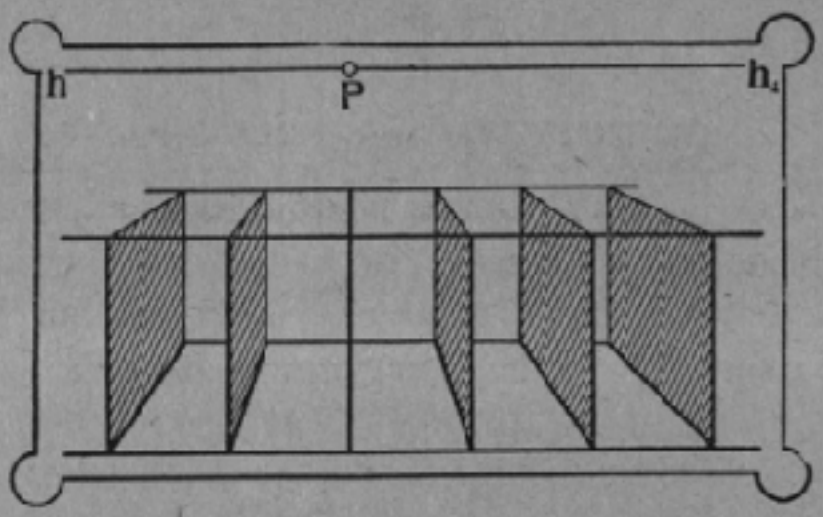


Черт. 237. Движение точки зрения параллельно линии горизонта.



Черт. 238. Перспектива куба.

©?DSPL.RU/ELIB



Черт. 239. Перспектива полки.

Черт. 240. «Святой Иероним в келье». Картина А. Дюрера.

а) Перемещение картины.

1-й случай. Точка зрения неподвижна, картина двигается перпендикулярно к главному лучу.

В этом случае (черт. 230) все изображения M_1, M_2 и M_3 подобны друг другу и отличаются своей величиной.

Черт. 241. Мост через р. Волгу.

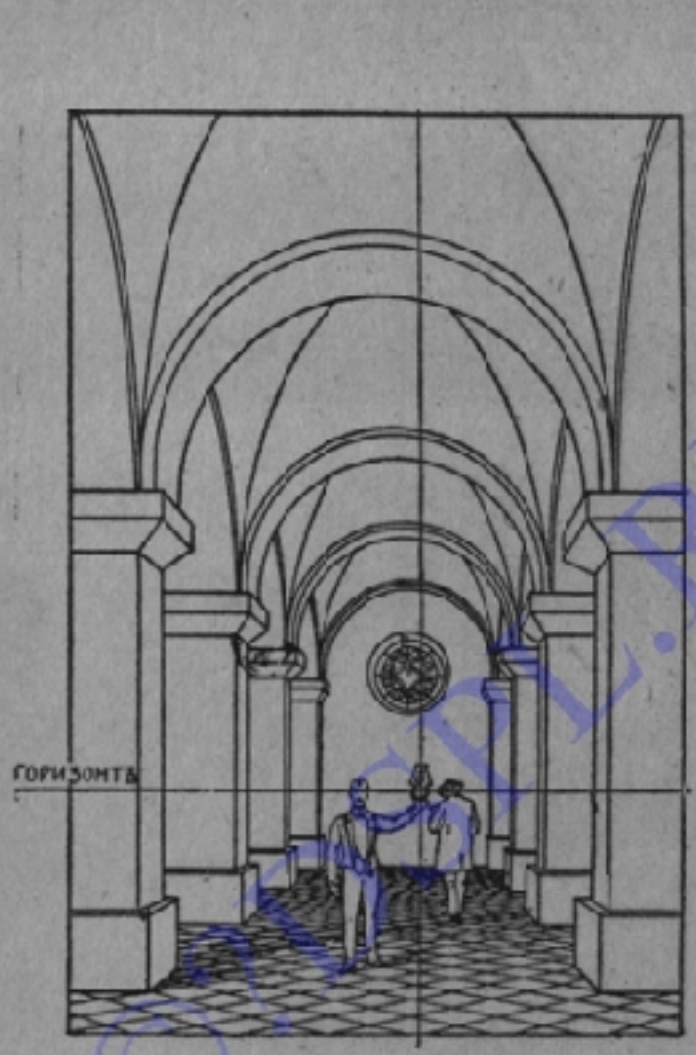
Если картина параллельна фасаду предмета, а точка зрения проектируется как раз по оси изображения, то вид называется *центральным фронтовым.*

2-й случай. Точка зрения неподвижна, картина вращается вокруг вертикальной линии, проходящей через точку зрения, оставаясь от последней на одном и том же расстоянии.

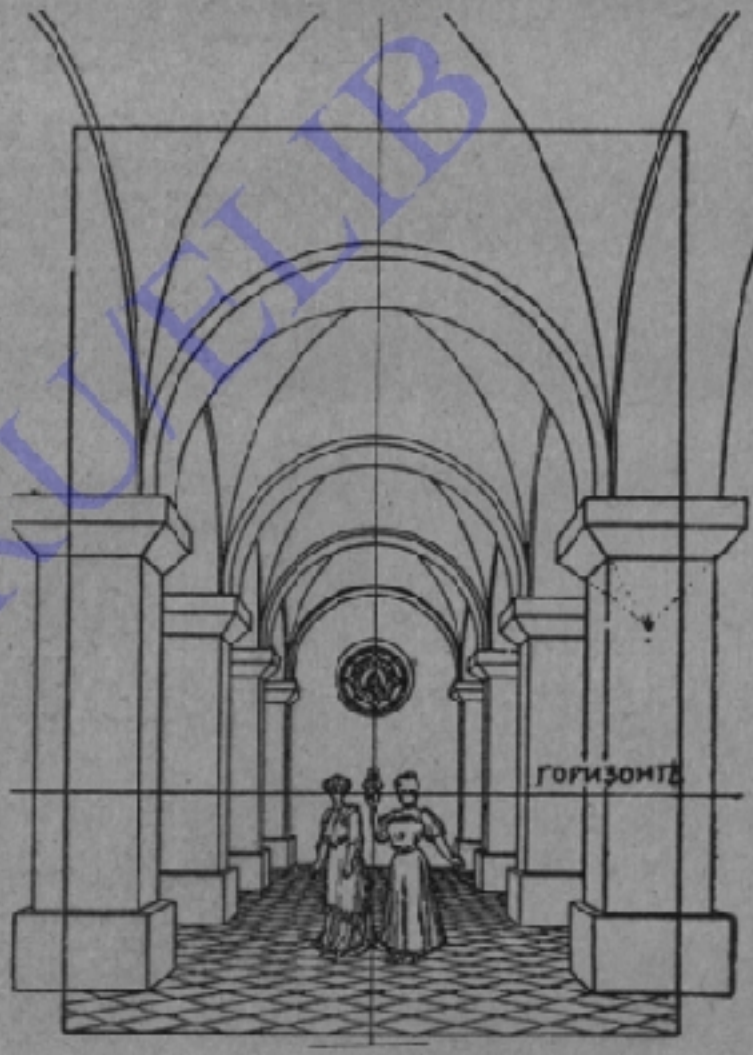
На чертеже 231 показаны в плане различные положения K_1, K_2, K_3 и K_4 картины, а на чертеже 232, соответствующие этим положениям перспективы кубика.

Поворачивание картины вокруг вертикальной оси равносильно увеличению угла зрения, под которым рассматривается предмет. Например, для положения K_4 угол зрения α_4 равен около 150°.

По мере того, как угол зрения делается больше угла наилучшего зрения, изображение предмета уширяется и делается все



Черт. 242. Боковой фронтовый вид галлереи.

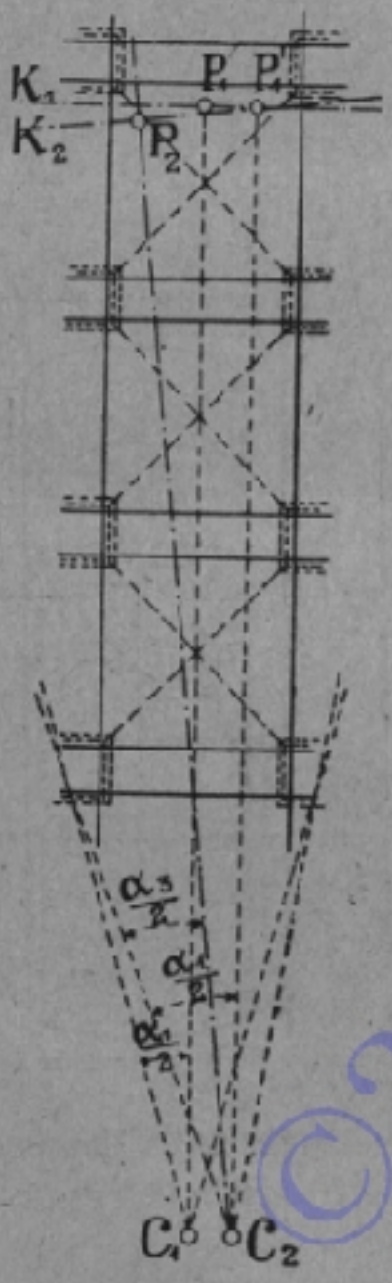


Черт. 243. Центральный фронтовый вид галлереи.

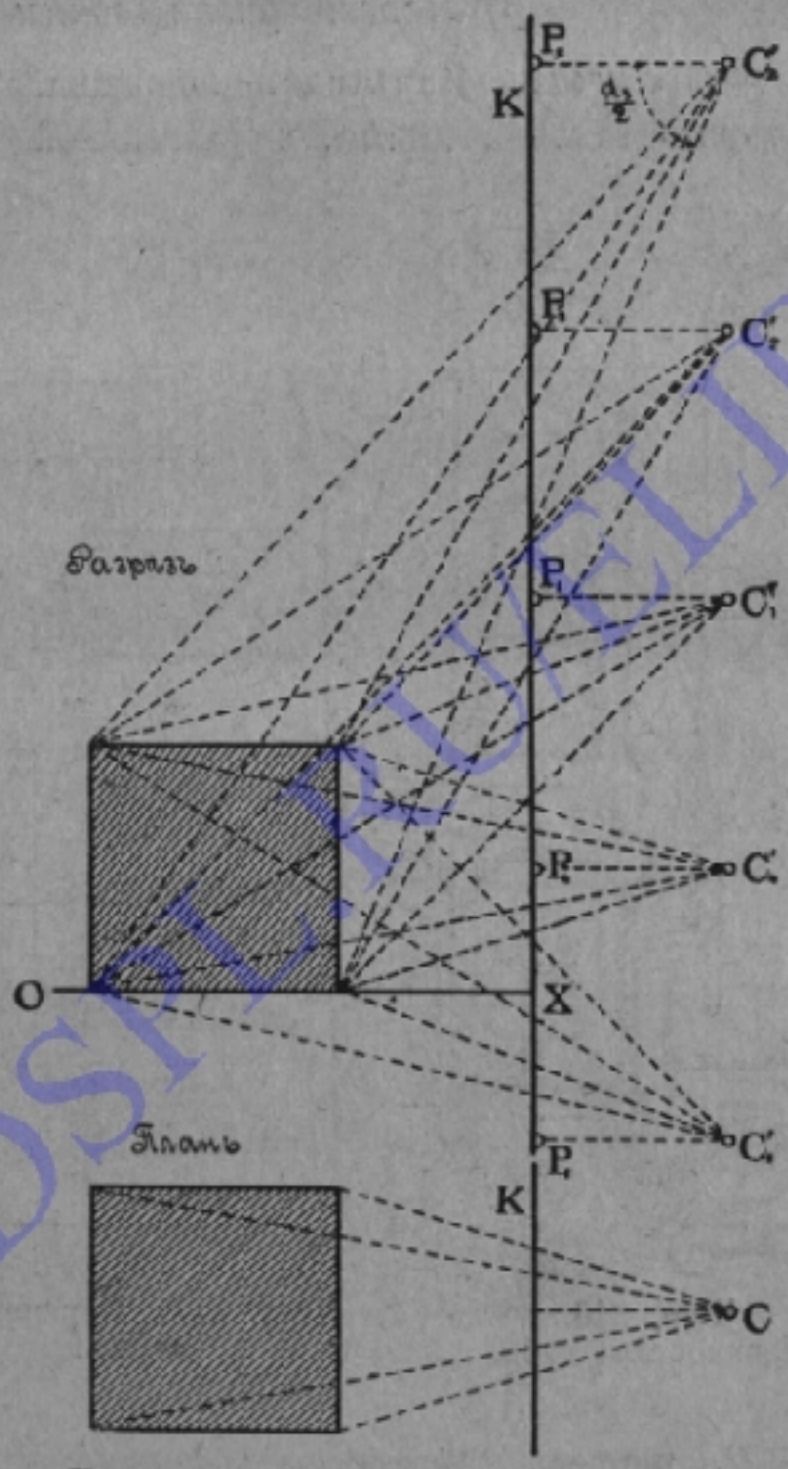
более и более уродливым. Например, изображение K_4 весьма мало напоминает кубик, и скорее похоже на клин.

На чертеже 233 показаны в плане: колоннада, точка зрения C и три положения картины. На чертеже же 234 показаны перспективы той же колоннады на трех упомянутых картинах. Из них наилучшее впечатление производит картина K_2, соответствующая углу зрению, приближающемуся к наилучшему углу зрения.

3-й случай. Точка зрения неподвижна. Картина вращается вокруг параллельной ей горизонтальной оси, проходящей через точку зрения, оставаясь от последней на одном и том же расстоянии.



Черт. 244.
План галлереи.



Черт. 245. Перемещение точки зрения по вертикали.

На чертеже 235 показаны в вертикальном разрезе положения предмета, точки зрения и шести положений картины K_1, $K_2 \ldots K_6$.

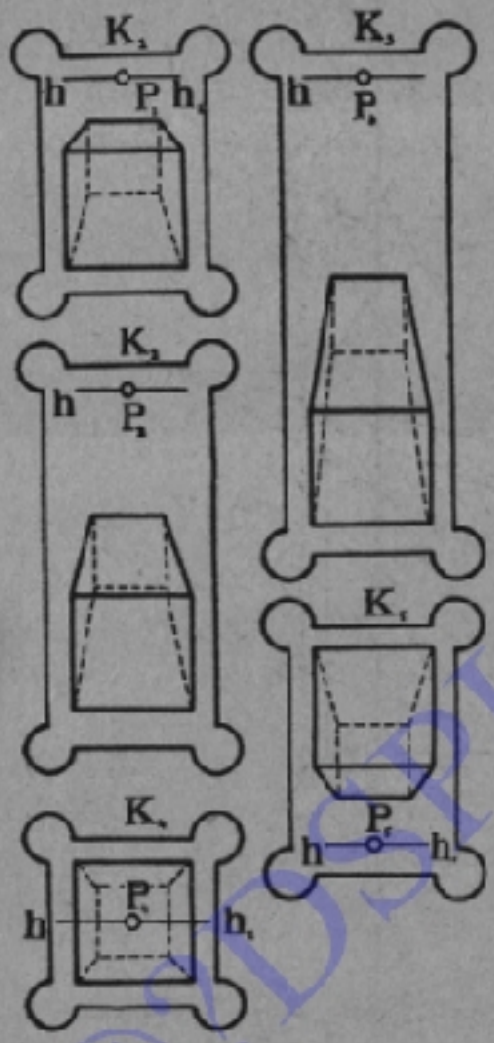
На чертеже 236 приведены соответствующие перспективы.

По мере увеличения угла зрения (например, для K_4 он равен $\alpha_1 = 160°$) изображения сильно увеличиваются по высоте, сужи-

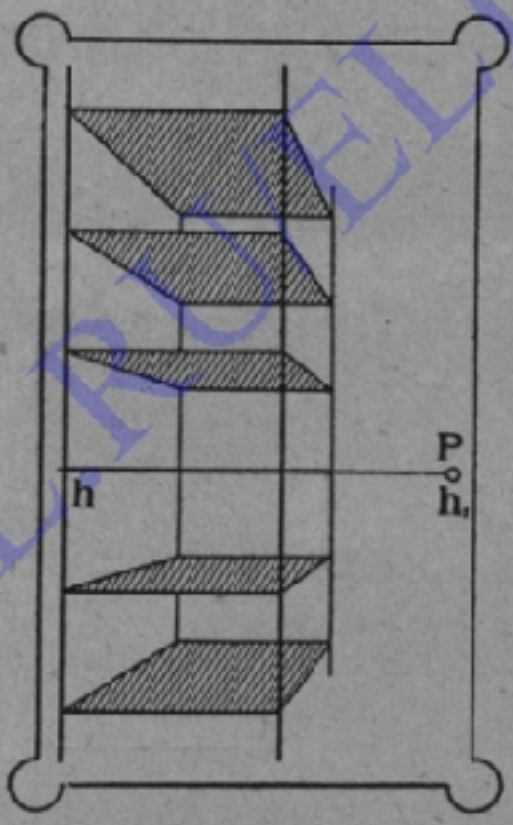
ваясь в одну сторону и делаясь все уродливее и уродливее. Например, перспектива K_4 скорее напоминает усеченную пирамиду, чем кубик.

β) *Перемещение точки зрения.*

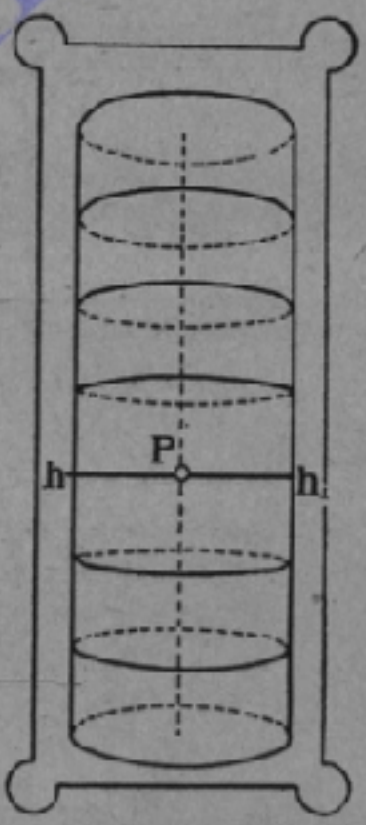
4-й случай. Картина неподвижна. Точка зрения двигается по горизонтальной линии, параллельной картине.



Черт. 246.
Перспектива куба.



Черт. 247. Перспектива полки.



Черт. 248. Перспектива цилиндра.

На чертеже 237 показаны в плане: кубик, картина K и четыре положения точки зрения C_1, C_2, C_3, C_4.

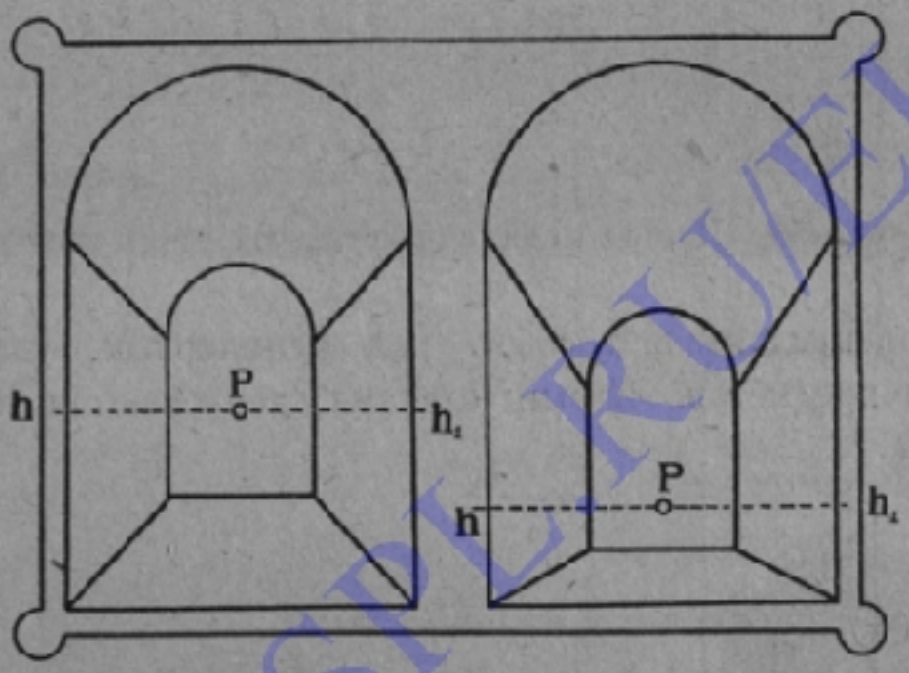
Соответствующие им перспективы изображены на чертеже 238.

В этом случае высоты изображаемых точек (ребра кубика) на разных картинах сохраняют постоянную величину, широты же изображений меняются и увеличиваются по мере удаления точки C от ее первого положения C_1, т.-е. по мере увеличения угла зрения предмета, который для положения C_4 равен $\alpha_4 = 146°$.

Следовательно, и здесь изображения делаются уродливыми по мере увеличения угла зрения. Перспектива K_4 напоминает скорее длинную призму, чем кубик.

На чертеже 239 показана перспектива полки, поваленной на пол. Доски ее, по мере удаления от точки зрения влево и вправо, кажутся все шире и шире, что соответствует отодвиганию от них точки зрения вправо или влево. Заметим, что перспективы предметов на плоскость параллельную их фасаду, называются *фронтовыми видами.*

При этом, если главная точка располагается посредине картины, то вид называется *центральным фронтовым.* Если



Черт. 249. Перспективы свода с разных по высоте точек зрения.

же главная точка располагается не по средине картины, то вид называется *боковым фронтовым.* На чертеже 238 и 239 и даны примеры фронтовых видов.

В качестве других примеров фронтовых видов приведены еще два изображения. На чертеже 240 показана картина А. Дюрера «Святой Иероним в келье». Главная точка P расположена у правого края картины, а угол зрения равен около 116°.

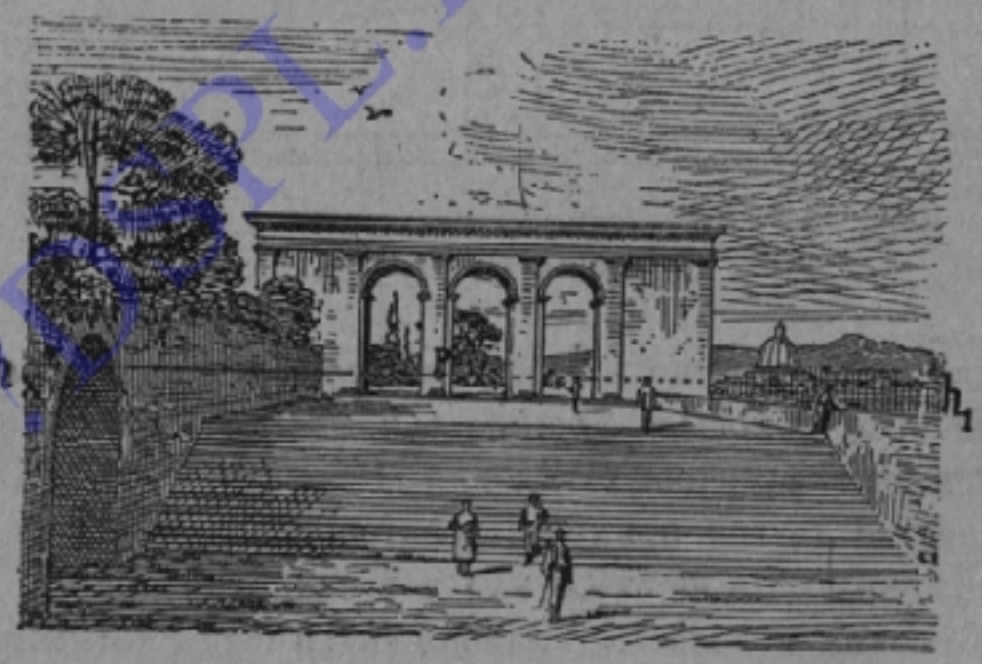
Картина является не вполне удачной по выбору ее оптических элементов.

На чертеже 241 изображен мост также в фронтовом виде; здесь перспектива, хотя и лучше предыдущей, но также неправильная, так как главная точка расположена не посредине кар-

тины; угол же зрения приближается к наилучшему. Фронтовых видов вообще следует избегать, за исключением того случая, когда точка зрения располагается на средней линии изображения,

Черт. 250. Портал и лестница с низкой точки зрения.

а последнее представляет собою ряд одинаковых, удаляющихся от зрителя предметов. Иными словами, допускаются только цен-



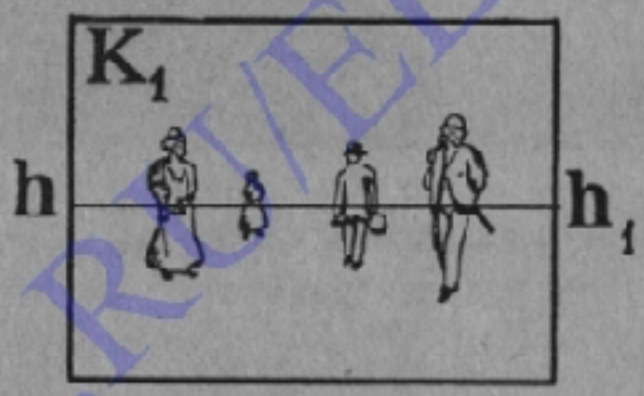
Черт. 251. Портал и лестница с высокой точки зрения.

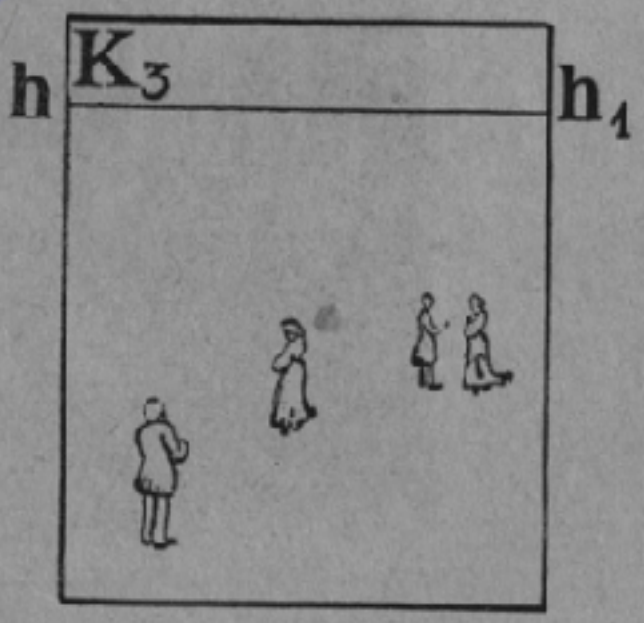
тральные фронтовые виды, подобные виду галлереи, изображенной на чертеже 243.

Для сравнения на чертежах 242 и 243 приведены два вида сводчатой галлереи: на чертеже 242 — боковой фронтовый вид

а на чертеже 243 — центральный фронтовый вид. Первый вид является менее допустимым, так как угол зрения для него больше, чем для второго, что видно из плана галлереи (черт. 244), где

Черт. 252 — 253. Виды пейзажа с разных по высоте точек зрения.





Черт. 254. Группа людей с разных по высоте точек зрения.

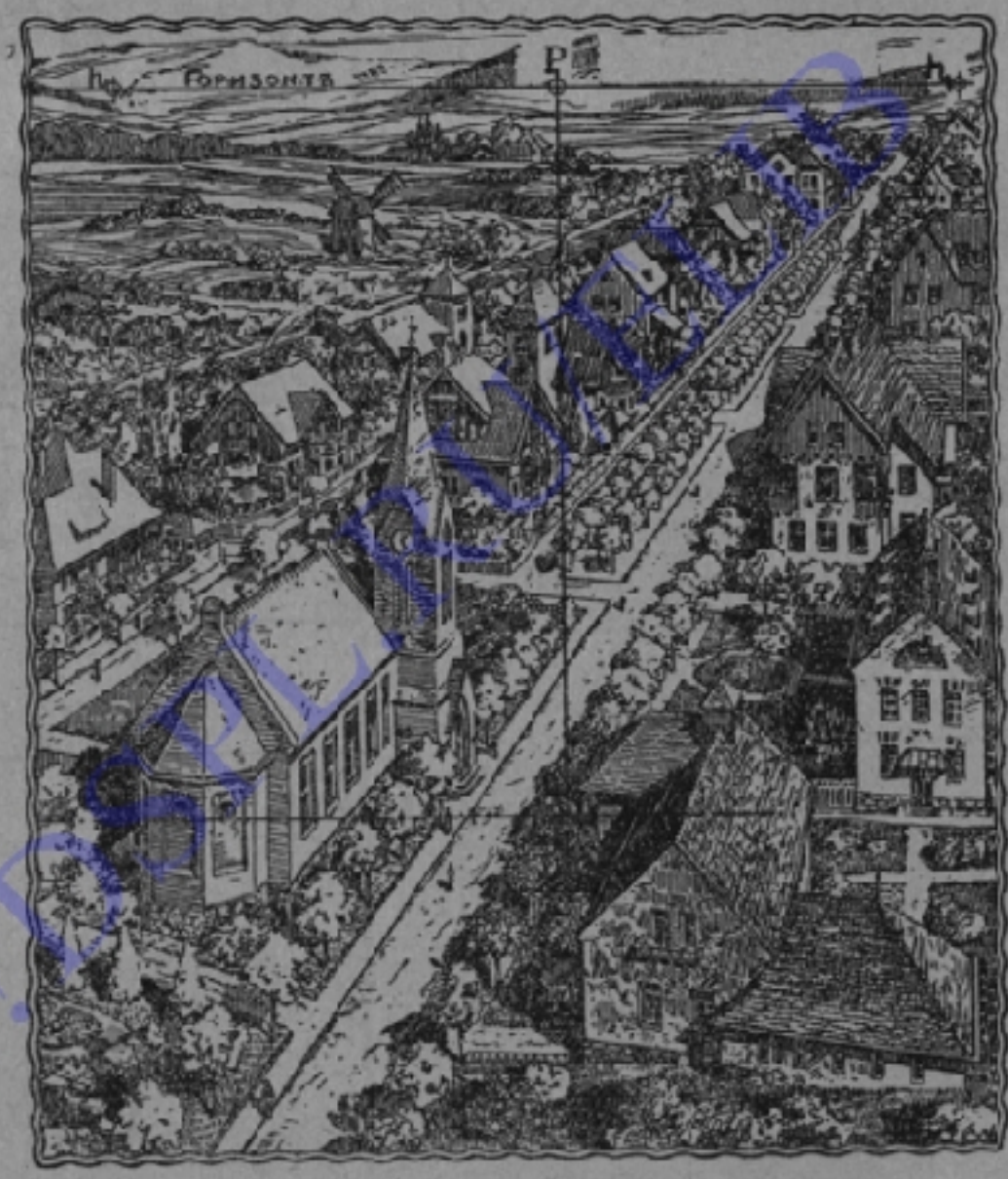
показано расположение картины K_1 и точки C_1, соответствующее виду 243, а также K_1 и C_2, соответствующее виду 242. Для точки

зрения C_2 правильнее было бы расположить картину в месте K_2. Тогда для нее угол α_2 зрения был бы меньше.

Вопросы о влиянии скорости движения см. стр. 72 и черт. 82.

5-й случай. Картина неподвижна. Точка зрения двигается по вертикальной линии, параллельной картине.

На черт. 245 показаны в разрезе: кубик, картина K и пять положений точки зрения C_1', C_2, C_3', C_4' и C_5'.



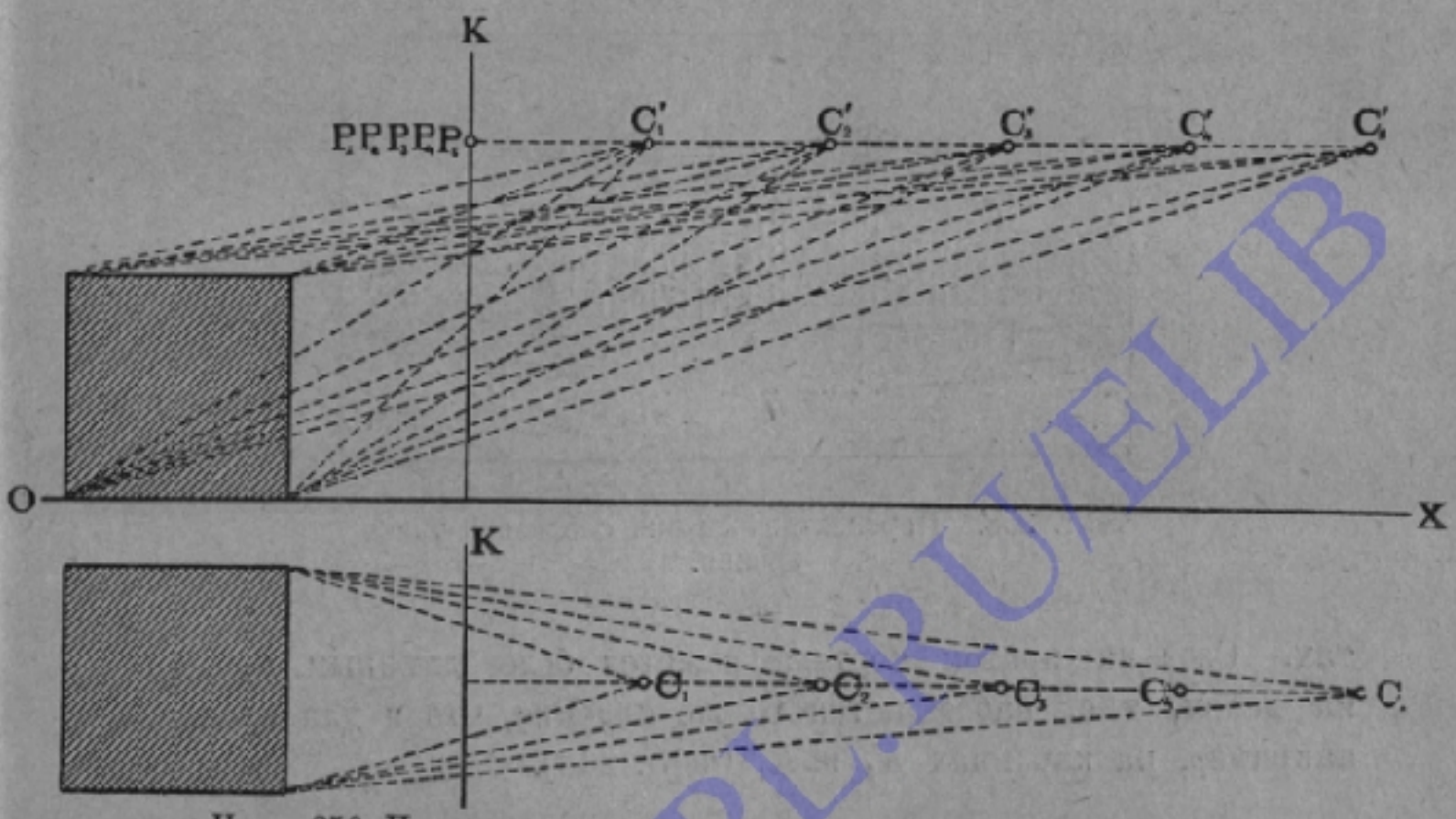
Черт. 255. Перспектива деревни с птичьего полета.

Соответствующие им перспективы изображены на черт. 246.

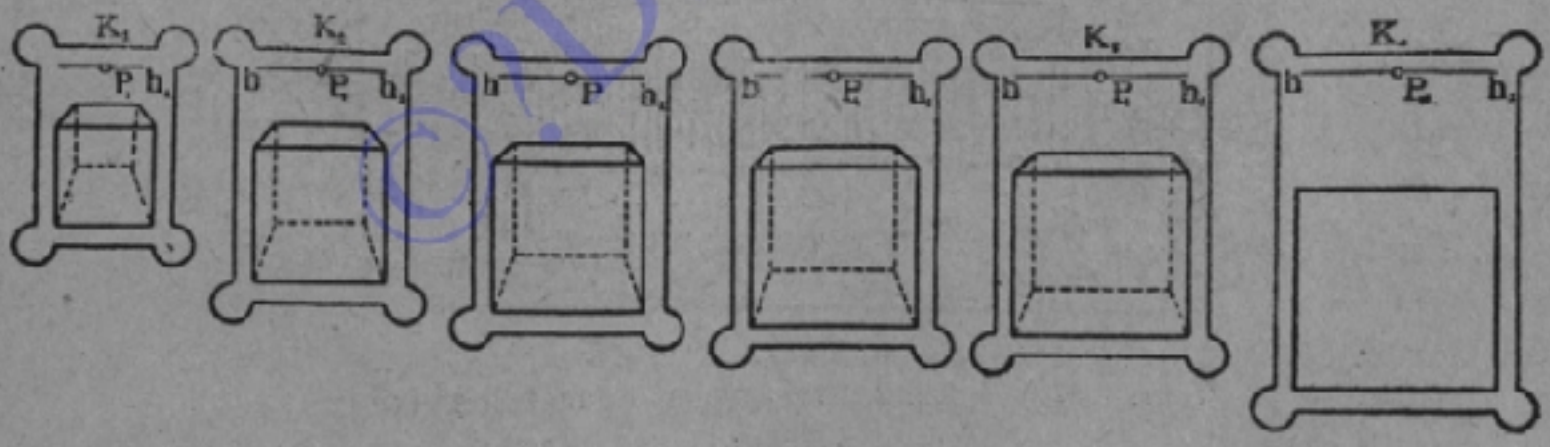
В этом случае широты изображений на разных картинах сохраняют постоянную величину, высоты же изображений меняются и увеличиваются по мере повышения или понижения точки зрения от ее начального положения C_1', т.-е. по мере увеличе-

ния угла зрения в вертикальной плоскости. Например, для положения C_3' этот угол равен $\alpha_3 = 136°$.

Таким образом и здесь, по мере увеличения угла зрения, изображения делаются уродливыми. Перспектива K_3 скорее напоминает длинный брусок, чем кубик.



Черт. 256. Перемещение точки зрения перпендикулярно к картине.



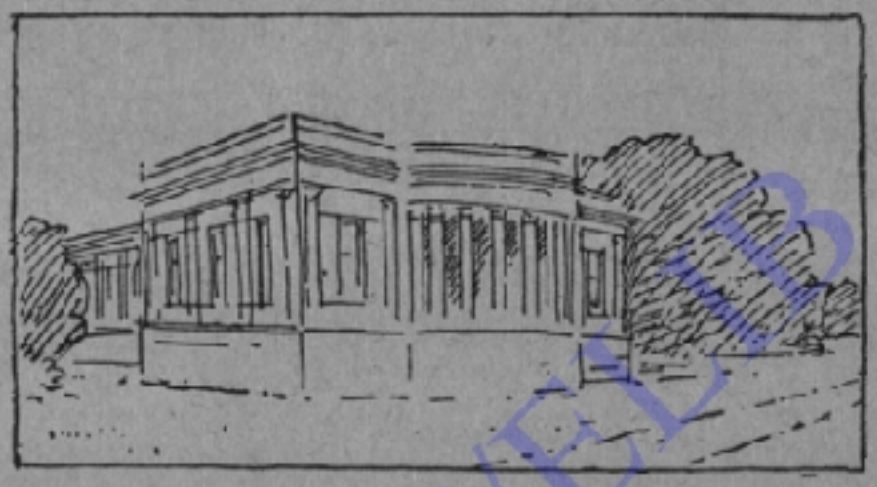
Черт. 257. Перспектива куба.

На черт. 247 и 248 изображены полка и цилиндр, и показаны полки и сечения цилиндра на разных высотах, что соответствует повышению или понижению относительно них точки зре-

ния. Как доски, так и сечения цилиндра кажутся все шире и шире, по мере удаления их по высоте от точки зрения.

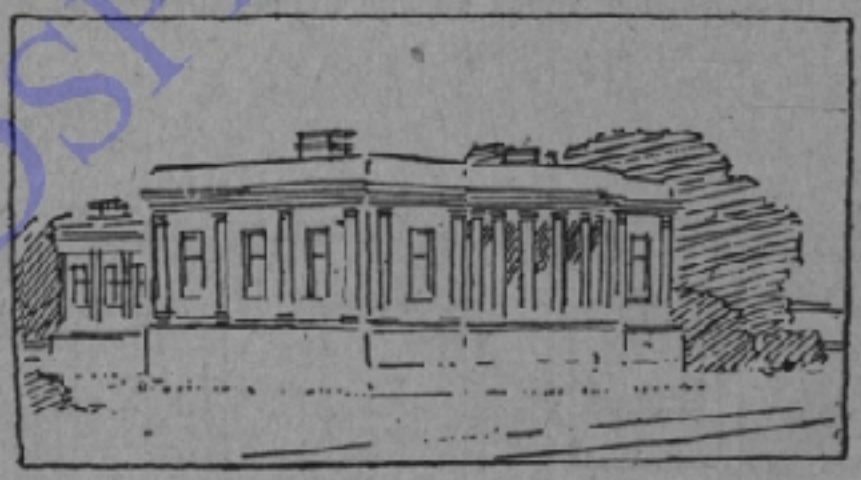
Виды на чертежах 246, 247, 248 также являются фронтовыми.

На черт. 249 показано два изображения одного и того же свода для двух точек зрения, расположенных на разных высо-



Черт. 258. Перспектива здания с близкой точки зрения.

тах. Свод на правом чертеже кажется более длинным, нежели на левом, т.-е. наблюдается то же явление, что и для кубика, например, на картинах K_3 и K_1 (черт. 246).



Черт. 259. Перспектива здания с далекой точки зрения.

На черт. 250 и 251 показаны две перспективы одной и той же лестницы с порталом с разных по высоте точек зрения.

На черт. 252 и 253 показаны две перспективы одного и того же пейзажа с разных по высоте точек зрения.

©?DSPL.RU

На черт. 254 показаны три перспективы группы людей с разных по высоте точек зрения. На картине K_1 точка зрения помещается на высоте талии человека, на картине K_2 — на высоте роста, и на нижней картине — высоко над людьми.

Заметим, что перспектива предметов, построенная на вертикальной картине при значительном возвышении точки зрения над предметами, называется *птичьей перспективой* или *перспективой с птичьего полета*.

Черт. 260. Схема фотографии с близкой точки зрения.

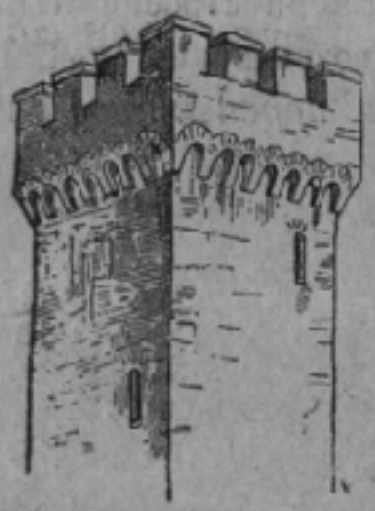
В этой перспективе вертикальные линии предмета изображаются вертикальными же линиями на картине.

На черт. 255 показано в виде примера изображение деревни с птичьего полета.

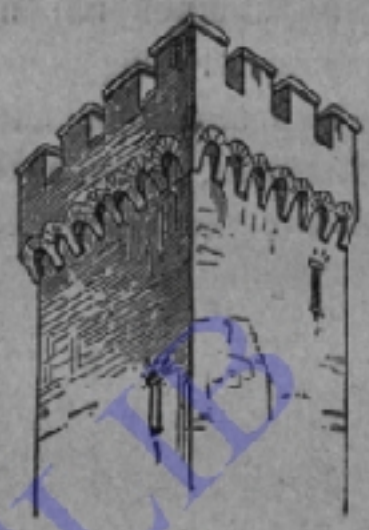
6-й случай. Картина неподвижна. Точка зрения двигается по линии, перпендикулярной к картине.

На черт. 256 показаны в плане и разрезе: кубик, картина K и пять положений точки зрения. Соответствующие им перспективы изображены на черт. 257. В этом случае, по мере удаления точки зрения от картины, размеры изображения постепенно увеличиваются, перспективы же боковых граней постепенно суживаются. В пределе, когда точка C удалится на бесконечно большое расстояние от картины, перспектива кубика превратится

в квадрат, одинаковый с фасадом кубика, на котором уже не видно перспективного сокращения граней, и который является



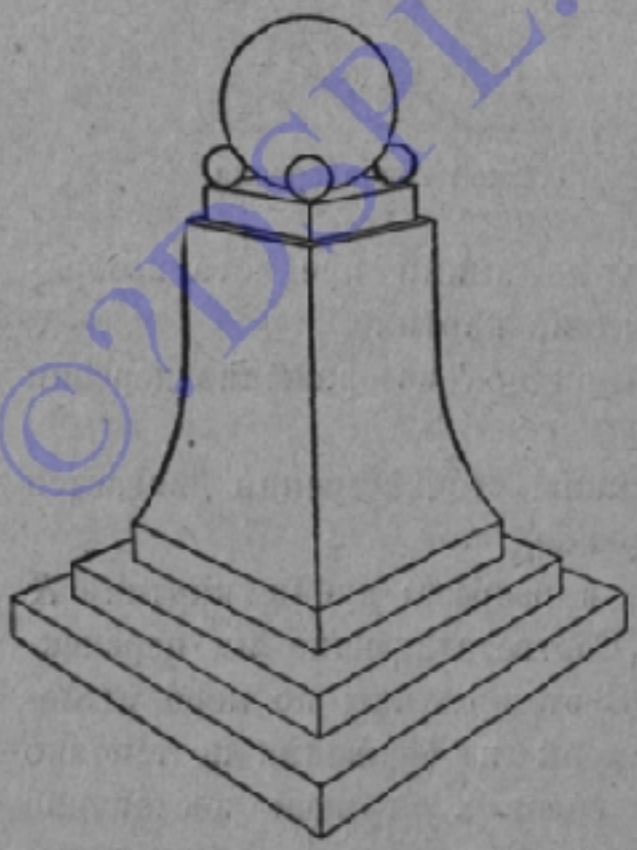
Черт. 261. Перспектива башни при $D = 24$ см.



Черт. 262. Перспектива башни при $D = 12$ см.

уже не перспективной, а параллельной проекцией предмета. (Картина K_6.)

На черт. 258 показан перспективный эскиз здания, нарисованный с сравнительно близкой точки зрения.

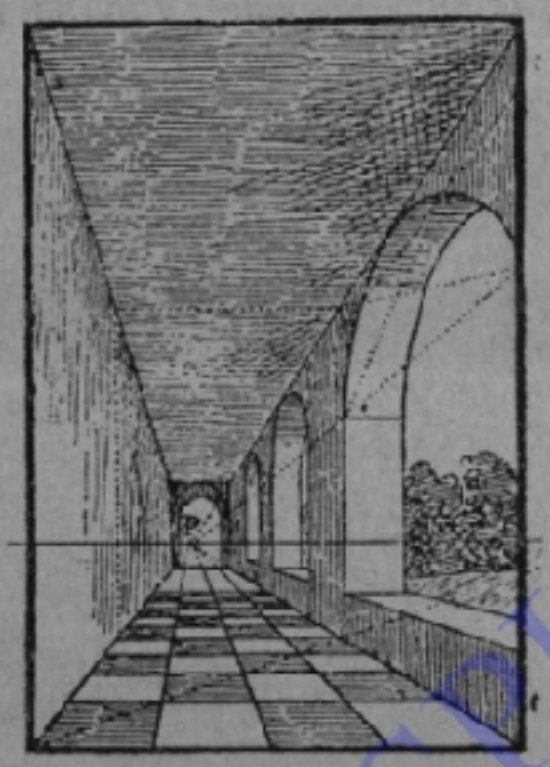


Черт. 263. Перспектива монумента с близкой (диагональной) точки зрения.

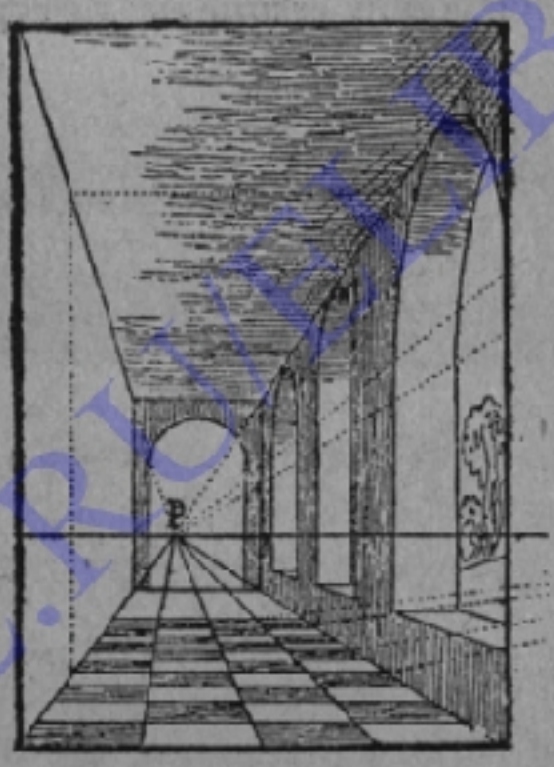
Черт. 264. Перспектива комнаты с близкой (диагональной) точки зрения.

©2DSPL.RU/ELB

На чертеже 259 изображено то же здание с весьма далекой точки зрения. Заметим, что *портретной живописи* принято разные части тела рисовать в одном и том же масштабе, независимо от их удаления от точки зрения, иначе получится неестественное изображение. Таким образом, портреты рисуются как бы с бесконечно удаленной точки зрения. Для портретов можно расстояние точки зрения от картины принимать равным 10 метрам; при этом изображения получаются почти без перспективных сокращений.



Черт. 265. Перспектива галлереи с близкой точки зрения.



Черт. 266. Перспектива галлереи с далекой точки зрения.

В *стенной живописи*, именно, когда приходится рисовать большие картины на стенах узких и высоких помещений, например, в коридорах монастырей, галлереях театров, также поневоле приходится рассматривать изображения с близких точек зрения и часто с разных сторон.

Для улучшения впечатления следует рисовать эти картины с отдаленных точек зрения, чтобы перспективные сокращения получились возможно меньше и изображения приближались бы к фасадным, для рассматривания которых положение точки зрения может быть выбрано любым.

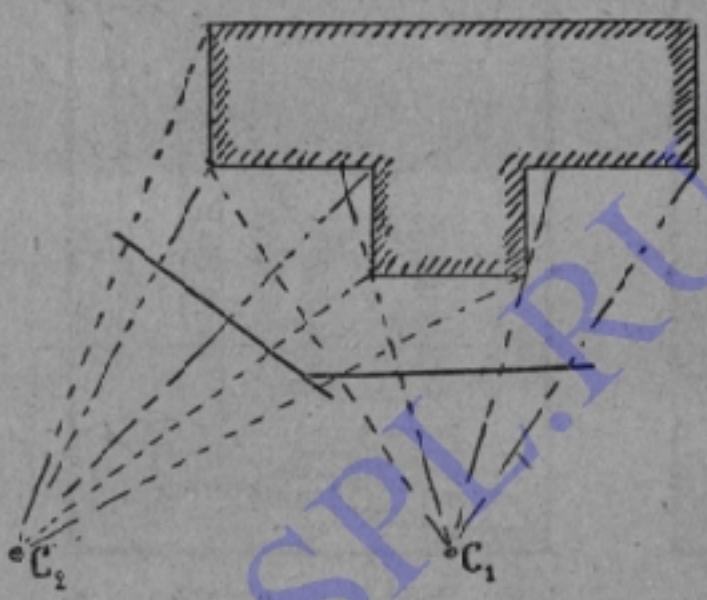
Если, наоборот, точка зрения будет выбрана чересчур близко от предмета, то изображение даст неправильное представление

о форме предмета, и будет уродливым благодаря большому углу зрения.

На черт. 260 вверху изображен фотограф, снимающий с очень близкого расстояния группу испуганных дикарей.

На том же чертеже внизу показан эскиз полученной фотографии, на котором видно, насколько непропорционально большими вышли ближайшие к аппарату ноги и руки.

Примеры подобных же уродливых изображений были приведены ранее на черт. 78. Некоторые, относящиеся сюда соображения, были изложены на стр. 67—73 и на черт. 79—83.



Черт. 267.

Черт. 268.

Перспективы дома.

На черт. 261 показано изображение башни, для которого расстояние D точки зрения принято равным 24 см.

На чертеже 262 изображена та же башня при $D = 12$ см. На втором чертеже видно, как круто и неестественно наклонены к линии горизонта перспективы горизонтальных линий башни. По чертежу 262 трудно судить о форме поперечного сечения башни, тогда как на основании чертежа 261 можно предположить, что эта форма — квадрат.

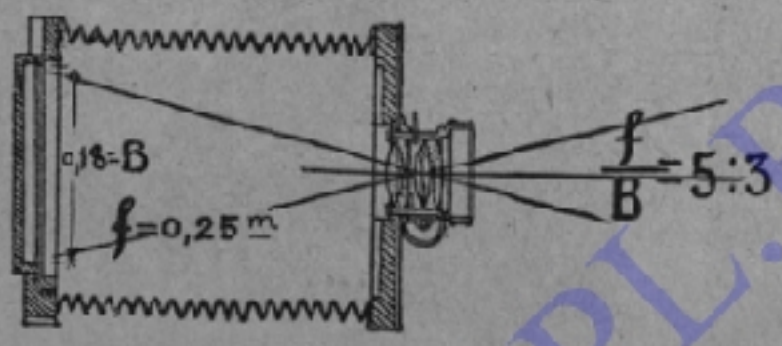
Подобный же утрированный вид имеют монумент и комната, изображенные на чертежах 263 и 264, при чем точка зрения взята очень близко от изображаемых предметов.

© 2DSPL.RU/ELIB

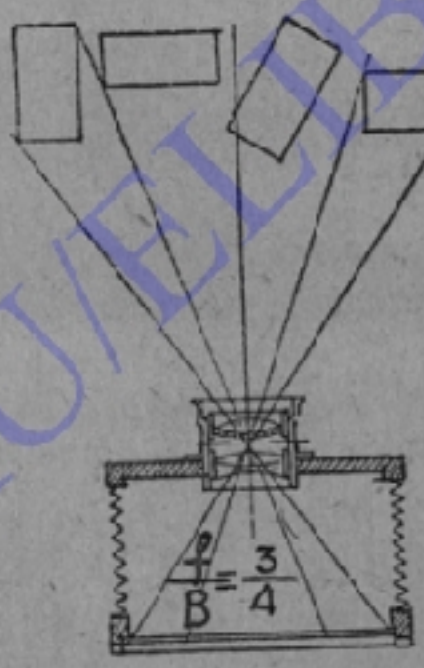
На черт. 265 изображена галлерея с довольно близкой точки зрения. Гораздо правильнее будет ее вид, если взять точку зрения несколько дальше от ее начала (черт. 266).

Наконец, следует иметь в виду, что при очень близких точках зрения выступающие части предмета могут закрывать сзади лежащие. Например, если рассматривать дом, изображенный на чертеже 267 в плане, то выступ дома почти закроет ворота дома, что видно на нижнем эскизе чертежа 268.

Если же взять точку зрения сбоку (C_2), то, во-первых, уменьшастся угол зрения, а, во-вторых, будут видны ясно части дома (верхний эскиз на черт. 268).



Черт. 269.



Черт. 270.

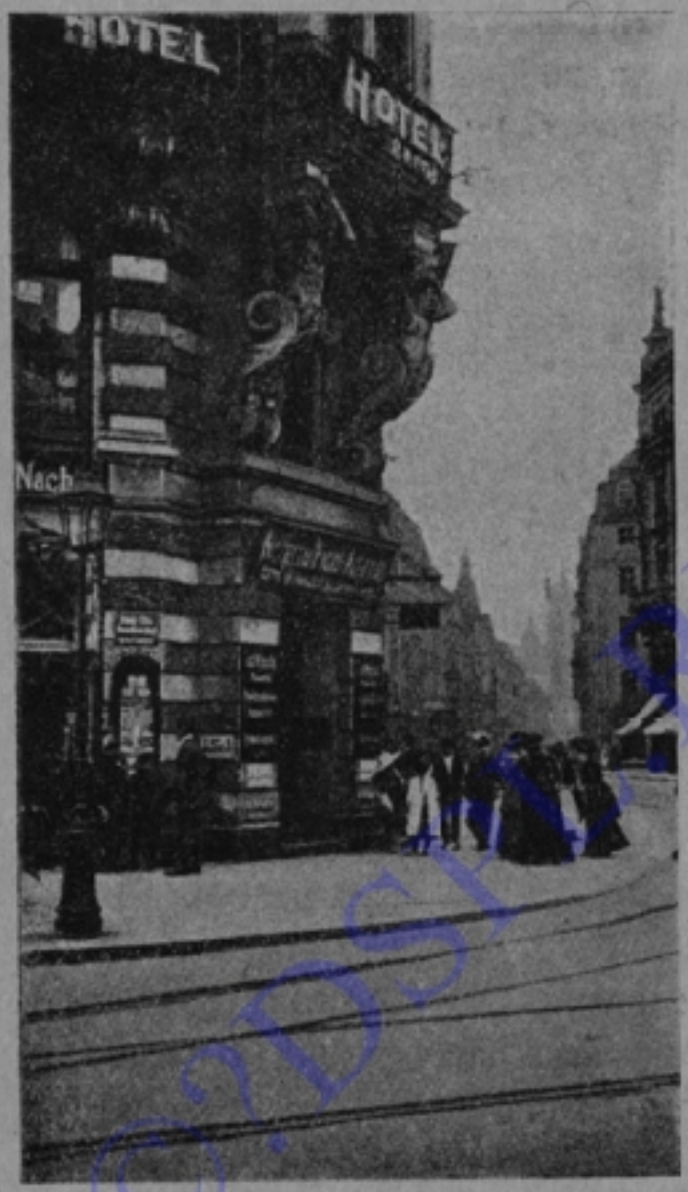
Изменение расстояния точки зрения от картины соответствует в фотографии изменению фокусного расстояния объектива.

На черт. 269 показан разрез фотографического аппарата с бо́льшим фокусным расстоянием объектива (отношение фокусного расстояния f к ширине пластинки B равно 5 : 3). На чертеже 270 изображен подобный же разрез аппарата с короткофокусным объективом $\left(\frac{f}{B} = \frac{3}{4}\right)$.

Очевидно, в первом случае снимаемые предметы получатся больших размеров, но с меньшей глубиной, чем во втором.

В виде примера на черт. 271 и 272 приведены две фотографии улицы, снятые с одного и того же вида; один вид был снят при большом фокусном расстоянии (черт. 271), а другой — при малом (черт. 272).

На первой фотографии глубины и высоты (например, колокольня в конце улицы) кажутся больше, нежели на второй. Ширина же и высота снятого вида (и угол зрения) на первой фотографии меньше, нежели на второй.



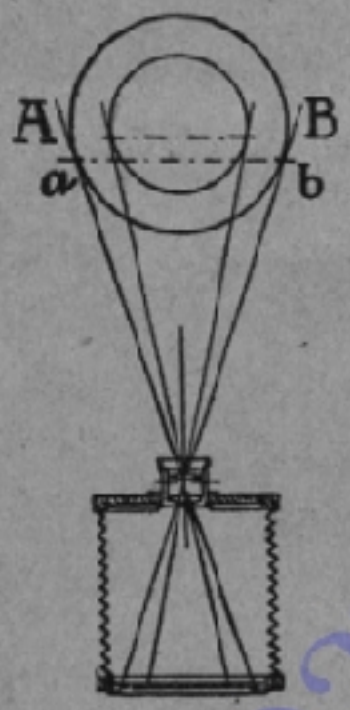
Черт. 271. Фотография при большом фокусном расстоянии.

Черт. 272. Фотография при малом фокусном расстоянии.

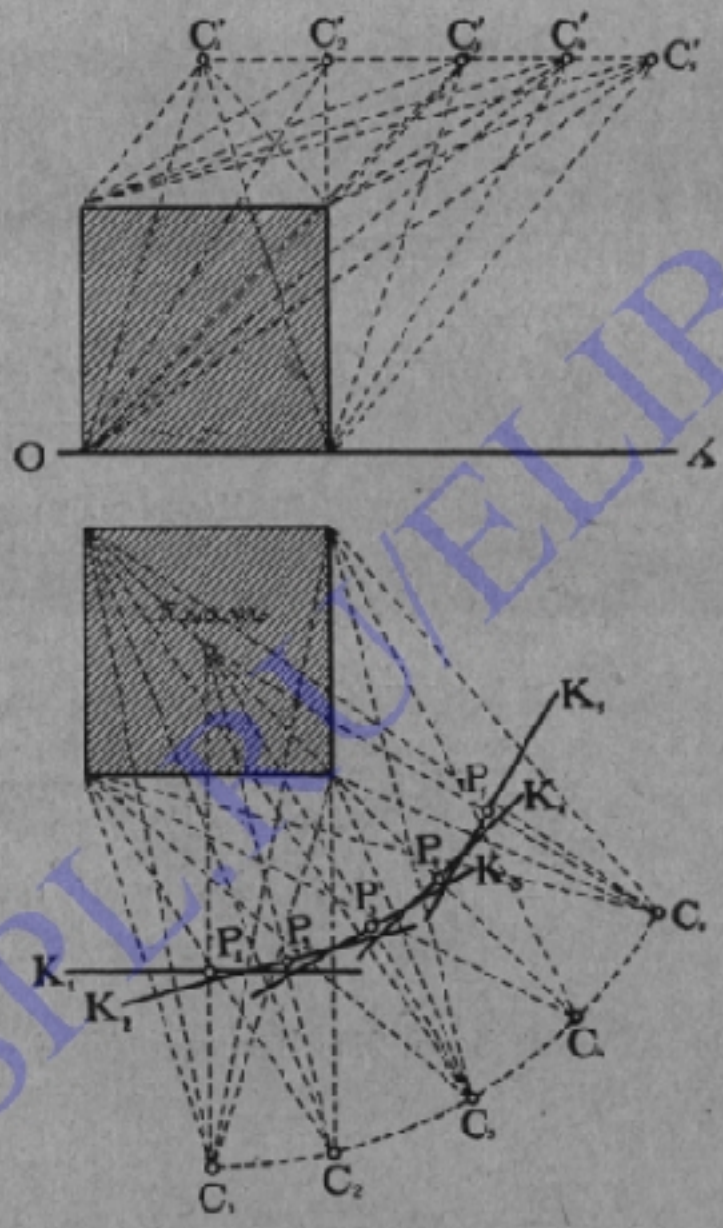
Заметим еще, что подобными свойствами — длинно и коротко — фокусных объективов искусно пользуются фотографы при снимании полных и худощавых людей, именно, полных они снимают короткофокусным объективом с близкого расстояния, благодаря чему на карточке изобразится не полная толщина человека $a\ b$ вместо $A\ B$ (черт. 273).

Наоборот, худощавого человека снимают длинно-фокусным объективом и с большого расстояния, отчего его толщина изобразится без сокращения.

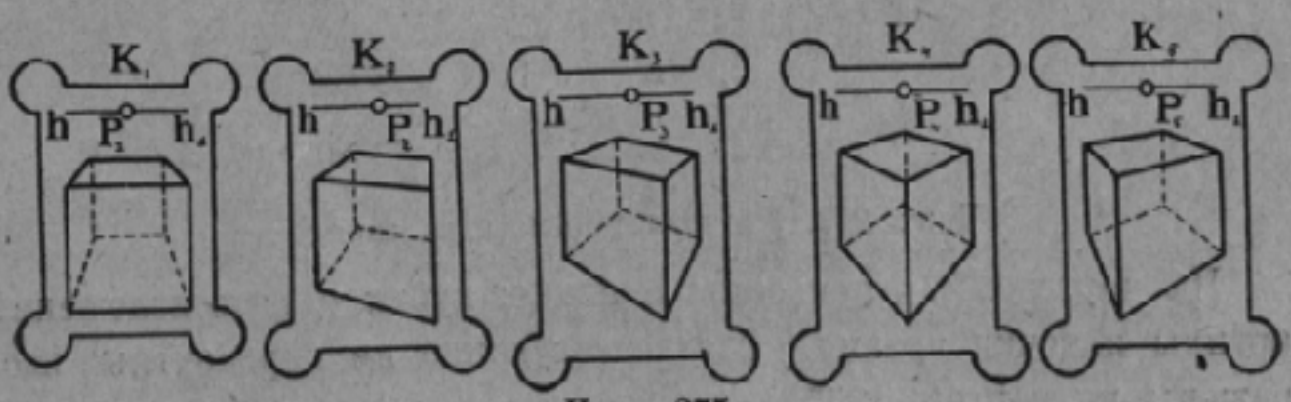
Вопрос о движении под углом к картине см. на стр. 72 (черт. 82).



Черт. 273.



Черт. 274.



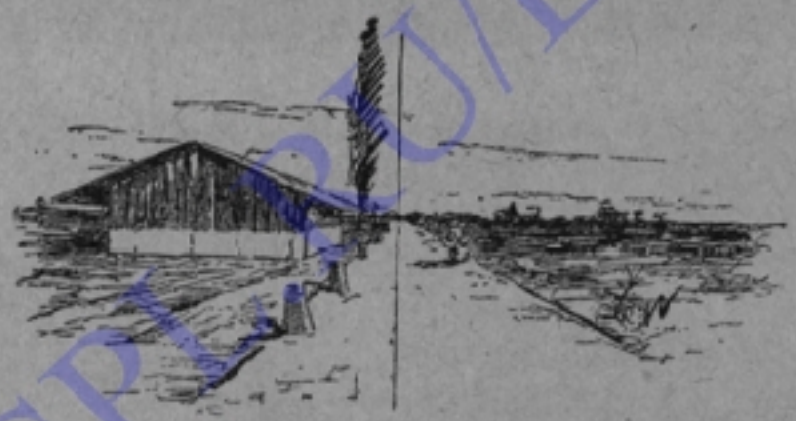
Черт. 275.

©?DSPL.LV/ELIB

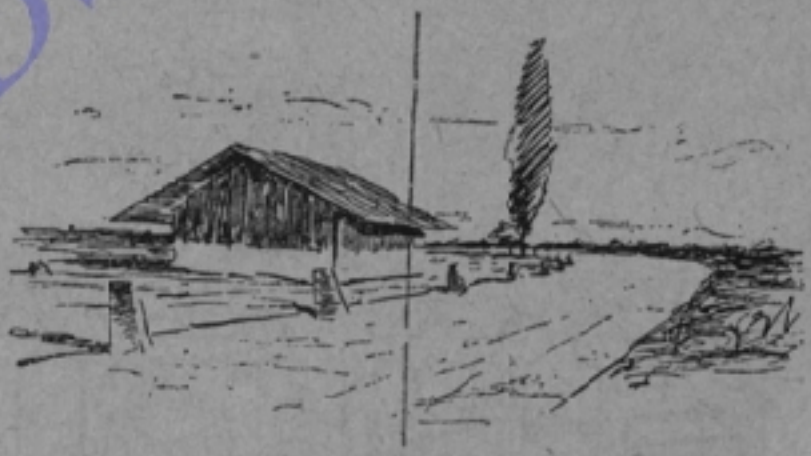
γ) *Перемещение точки зрения и картины.*

7-й случай. Точка зрения и картина, сохраняя относительное расположение, вращаются вокруг вертикальной оси предмета.

Черт. 276. Неудачная перспектива сарая.



Черт. 277. Посредственная перспектива сарая.



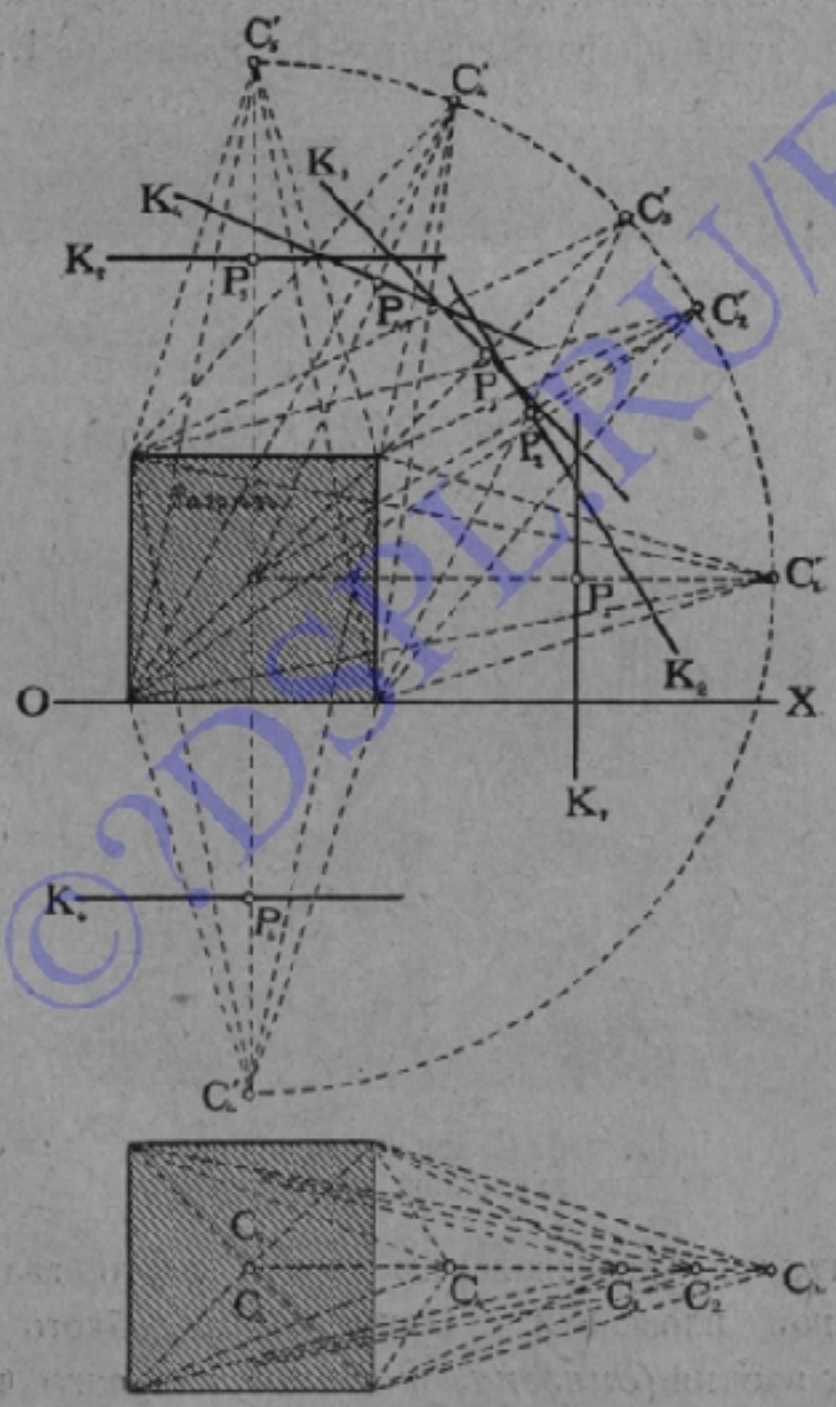
Черт. 278. Удачная перспектива сарая.

На чертеже 274 показаны в плане: кубик и пять положений картины и точки зрения. Соответствующие им перспективы изображены на чертеже 275.

©?DSPRU/ELIB

Черт. 279. Фронтовый вид башни.

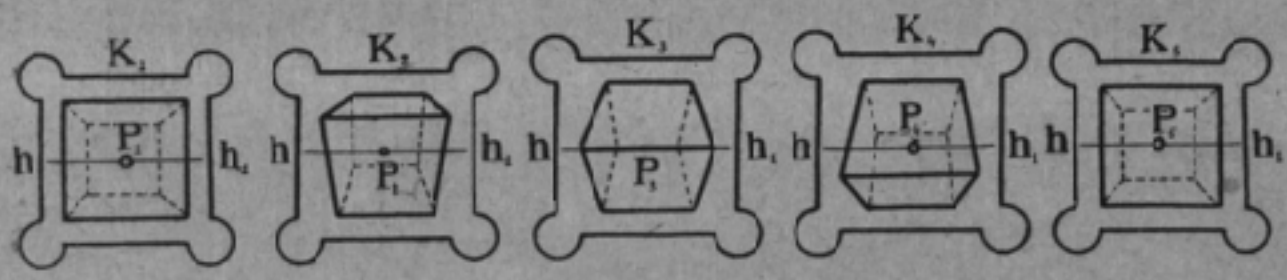
Черт. 280. Боковой вид башни.



Черт. 281.

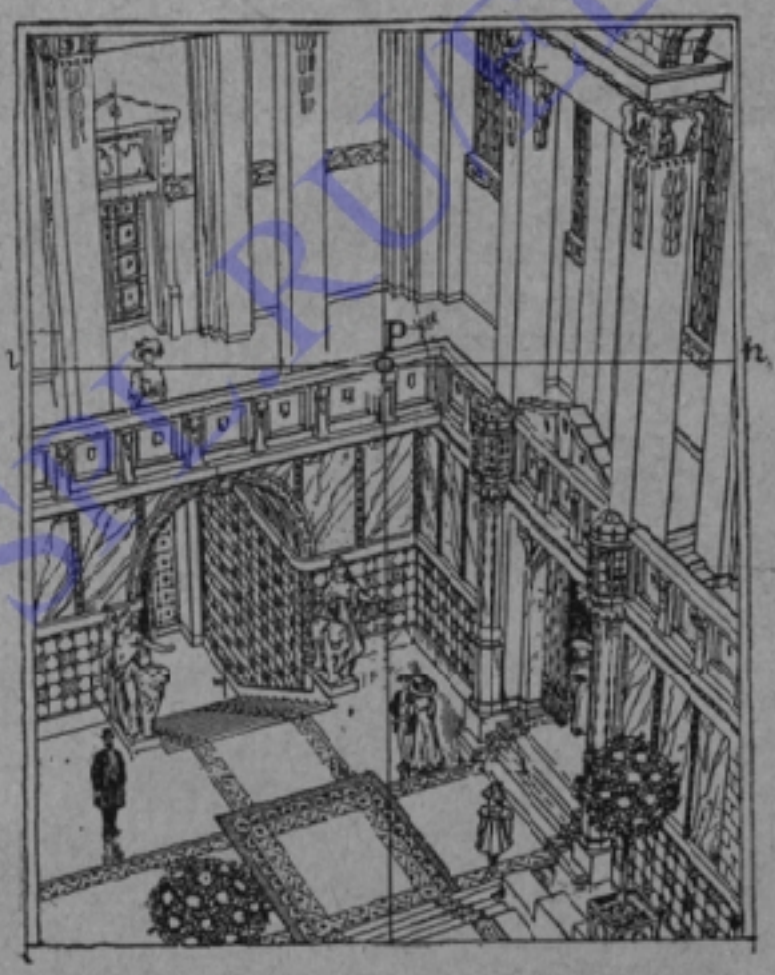
© 2DSPACE.RU/ELIB

В этом случае вертикальные линии в натуре остаются вертикальными и на картинах, и все изображения удовлетворяют условиям наилучшего угла зрения. Однако, можно заметить, что



Черт. 282.

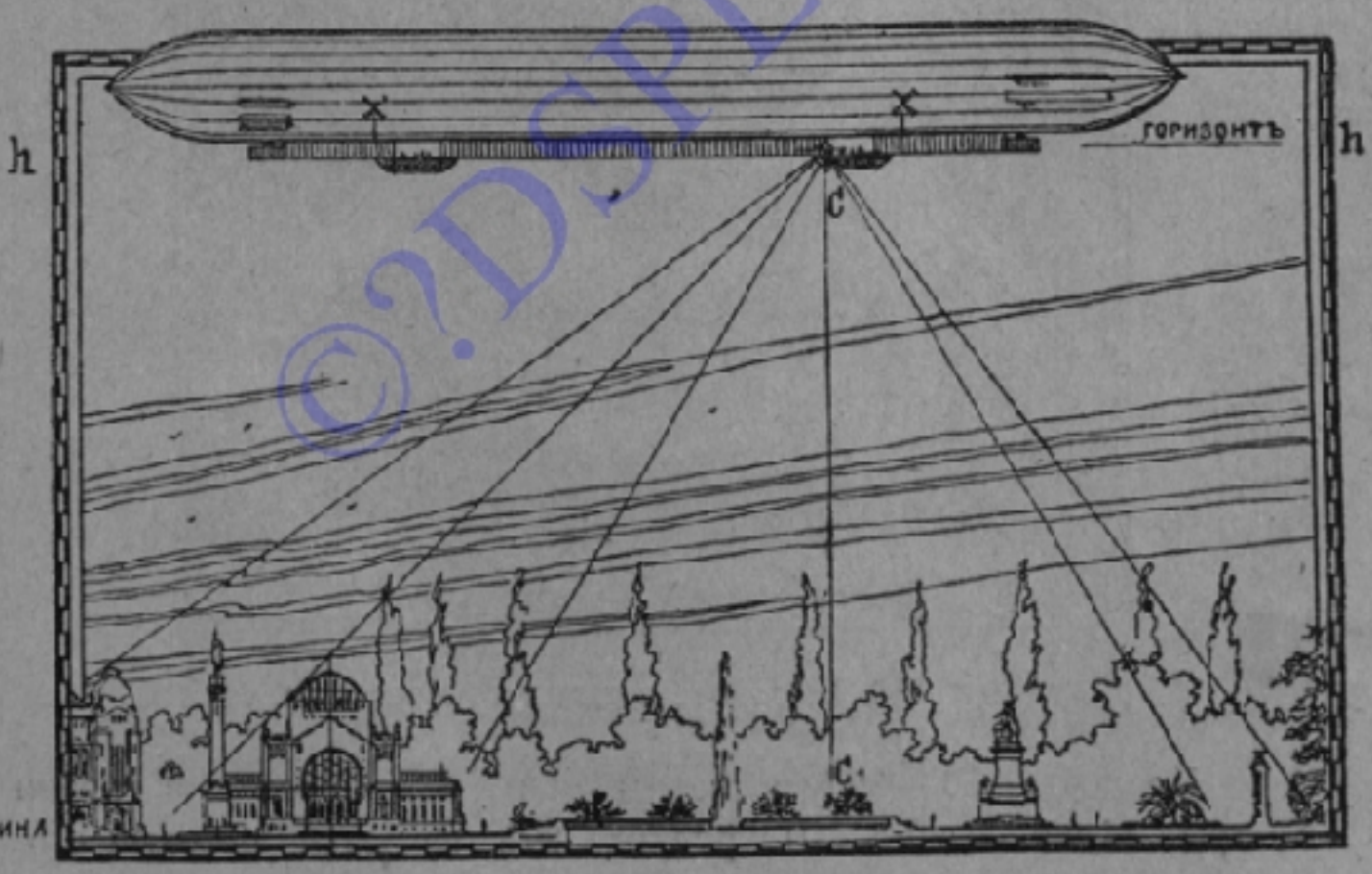
изображение K_1 является довольно скучным и монотонным, благодаря своей симметрии. Изображение K_2 неудачно, благодаря исчезновению всей правой грани. Изображение K_4 также не-



Черт. 283. Перспектива комнаты на наклонной картине.

хорошо, благодаря исчезновению почти всего заднего ребра и диагональной плоскости. Примером подобного неудачного выбора точки зрения *(диагональной)* могут служить чертежи 263 и 264, где в перспективе или исчезают все предметы в диаго-

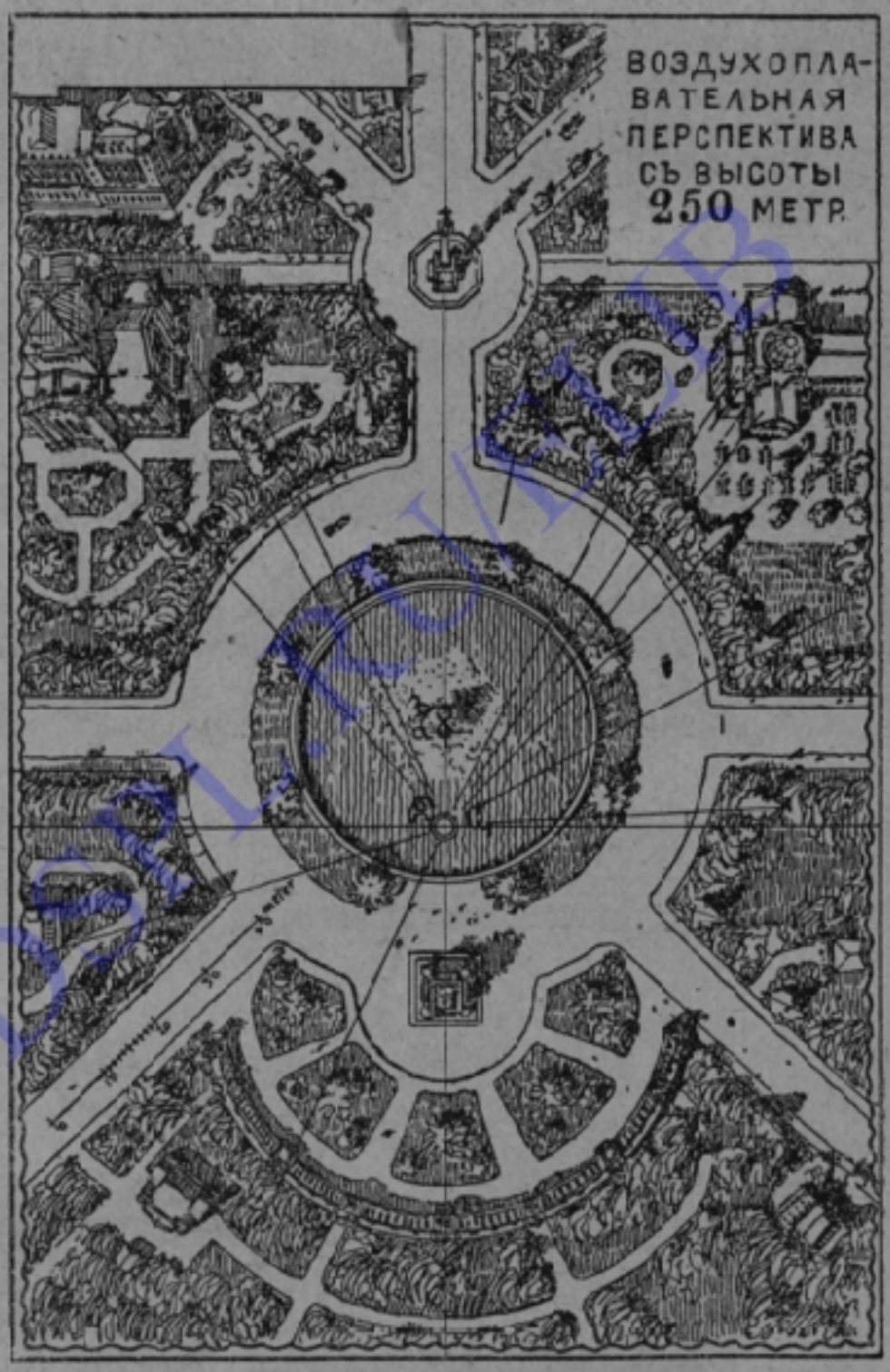
Черт. 284. Петергофский дворец с аэроплана.



Черт. 285. Схема проектирования в воздухоплавательной перспективе.

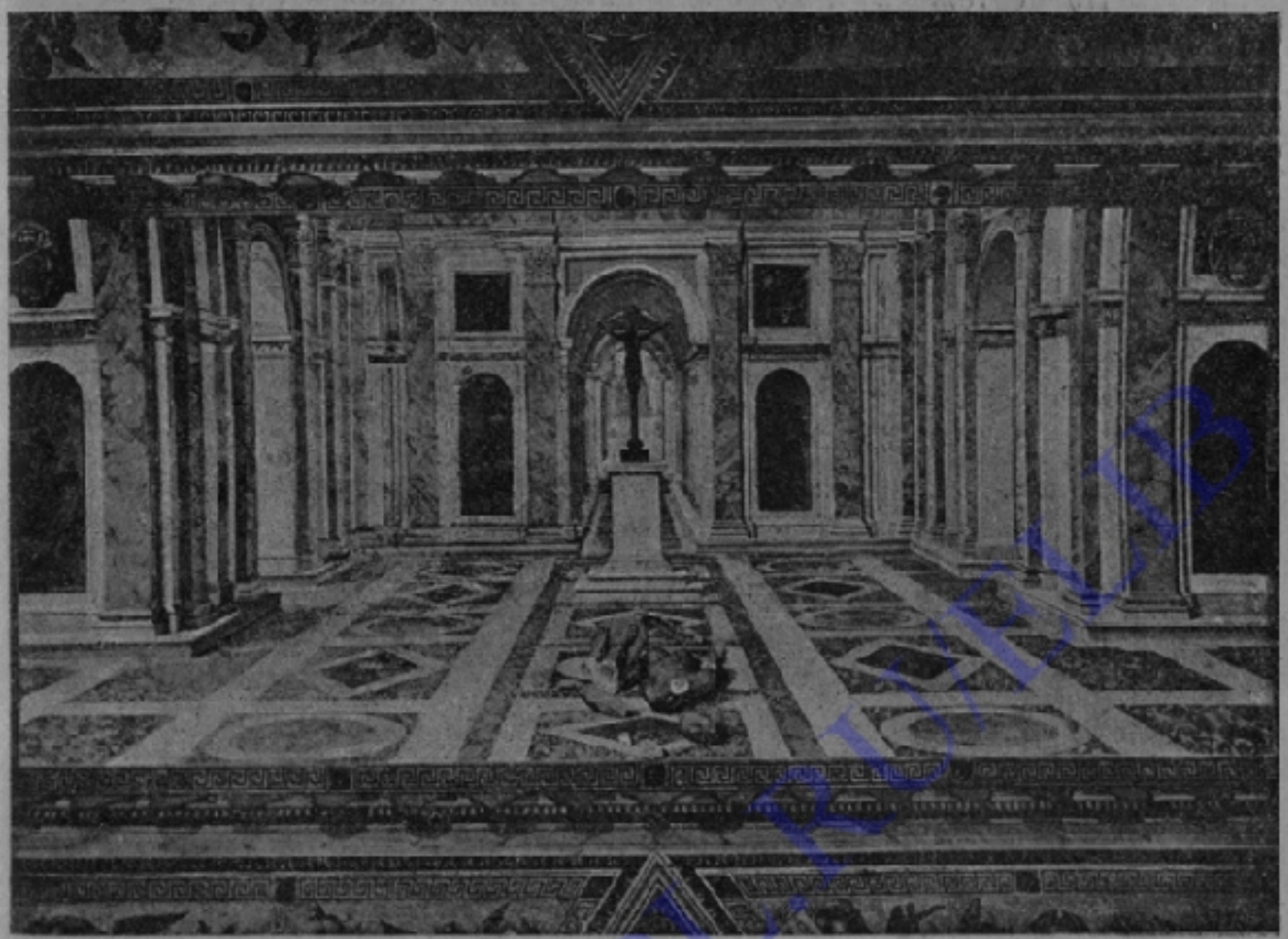
©?DSPL.RU/ELIB

нальной плоскости, например, задняя ножка стола, задняя подвеска люстры (черт. 264); или же ряд линий, в натуре не совпадающих, в перспективе располагаются на одной прямой, как, например, ближайшие к зрителю ребра монумента (черт. 263).



Черт. 286. Воздухоплавательная перспектива.

На черт. 276—277 показаны три вида пейзажа с сараем с трех точек зрения. На рисунке 276 исчезают боковые стороны здания и почти не видна дорога.



Черт. 287. «Торжество христианской религии над язычеством»
Плафон работы Рафаэля.

Черт. 288. Центральный фронтовый вид.

©?DSRUSSLIB

На чертеже 277, хотя и видна немного правая сторона здания, но плохо видна его крыша и совсем не виден поворот дороги.

Черт. 289. Монотонный вид.

Черт. 290. Диагональный вид.

Черт. 291. Центральный фронтовый вид.

Черт. 292. Вид с близкой точки зрения.

Черт. 293. Наилучший вид.

Черт. 294. Неудачный выбор точки зрения.

Рисунок 278 является наилучшим, так как на нем устранены все вышеупомянутые недостатки.

На рисунках 279 и 280 показаны еще примеры фронтового (279) и бокового (280) вида одной и той же башни.

©DSPL.RU/ELIB

Случай 8-й. Точка зрения и картина, сохраняя относительное расположение, вращаются вокруг горизонтальной оси предмета.

На черт. 281 показаны в разрезе: кубик и шесть положений картины и точки зрения. Соответствующие им перспективы изображены на черт. 282.

В этом случае вертикальные линии на всех картинах, за исключением K_1, изобразятся сходящимися в одной точке, что является непривычным для глаза, который в натуре замечает

Черт. 295.

малейшее уклонение линии от отвеса. Поэтому, перспектива на плоскостях, наклонных к горизонту, при рисовании картин почти не применяется.

В качестве примера на черт. 283 приведена перспектива комнаты, изображенной на плоскости, соответствующей положению K_2 и C_2' на черт. 281.

Другой случай подобной же перспективы показан на черт. 284, где изображен Петергофский дворец, снятый с аэроплана на наклонную пластинку.

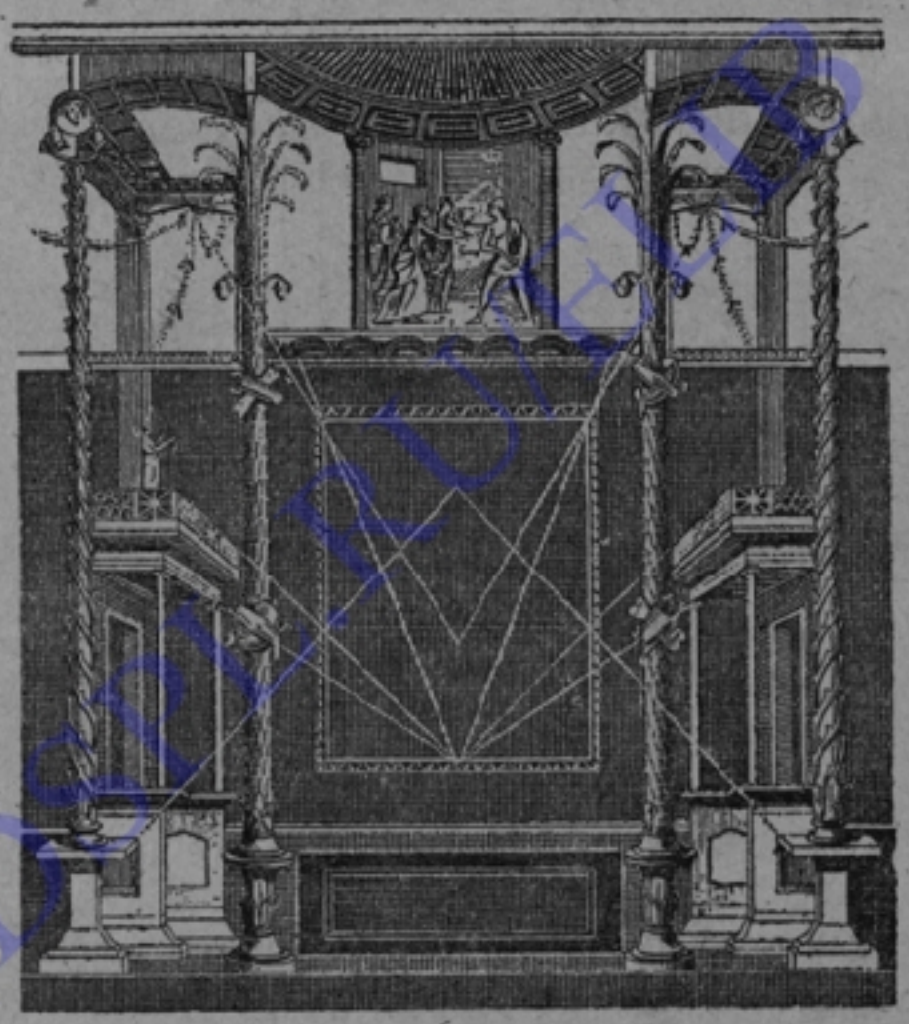
Если картинная плоскость располагается горизонтально и над предметом, подобно K_5 на черт. 281, то изображения называются *воздухоплавательной перспективой.*

©DSPACE.RU/ELIB

Подобный случай применяется при фотографировании местностей с воздухоплавательных аппаратов на горизонтальную пластинку.

На черт. 285 показано положение дирижабля над местностью, направление лучей и положение картины, для ясности отнесенной от дирижабля вниз.

На чертеже 286 изображена полученная перспектива местности.



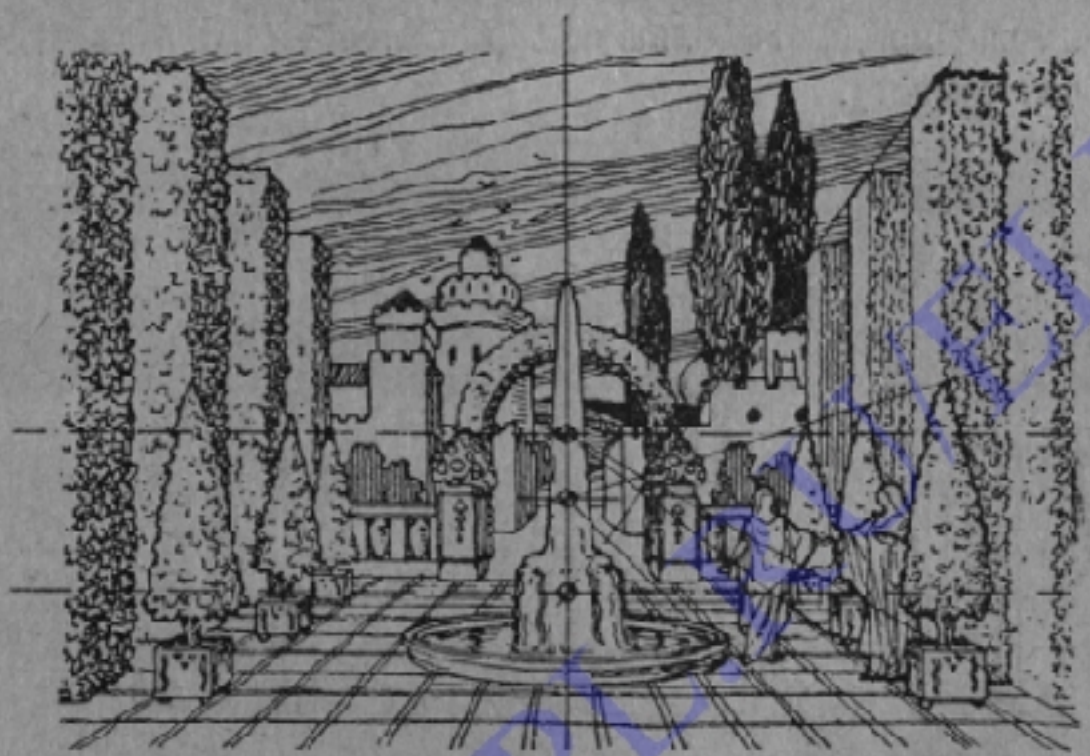
Черт. 296. Неудачный выбор нескольких точек зрения (Помпейская живопись).

Если картинная плоскость и точка зрения располагаются под предметом, подобно K_6 и C_6 на черт. 283, то изображение называется *плафоноперспективою*. Этот случай применяется при рисовании картин на потолках. На черт. 287 приведен пример плоского плафона, на котором нарисована картина «Торжество христианской религии над язычеством» работы Рафаэля. Плафон этот находится в Константиновском зале в Ватикане.

В заключение приведем ряд перспектив, построенных с разных точек зрения с одного и того же здания и монумента.

На черт. 288 изображена центральная фронтовая фотография здания. Линия горизонта располагается почти у нижней ступени лестницы, ведущей к монументу.

Если поднять точку зрения на высоту основания колонн, оставляя ее в плоскости симметрии, то фронтовый вид является весьма монотонным (черт. 289). Впечатление улучшается, если



Черт. 297. Перспектива парка с трех точек зрения.

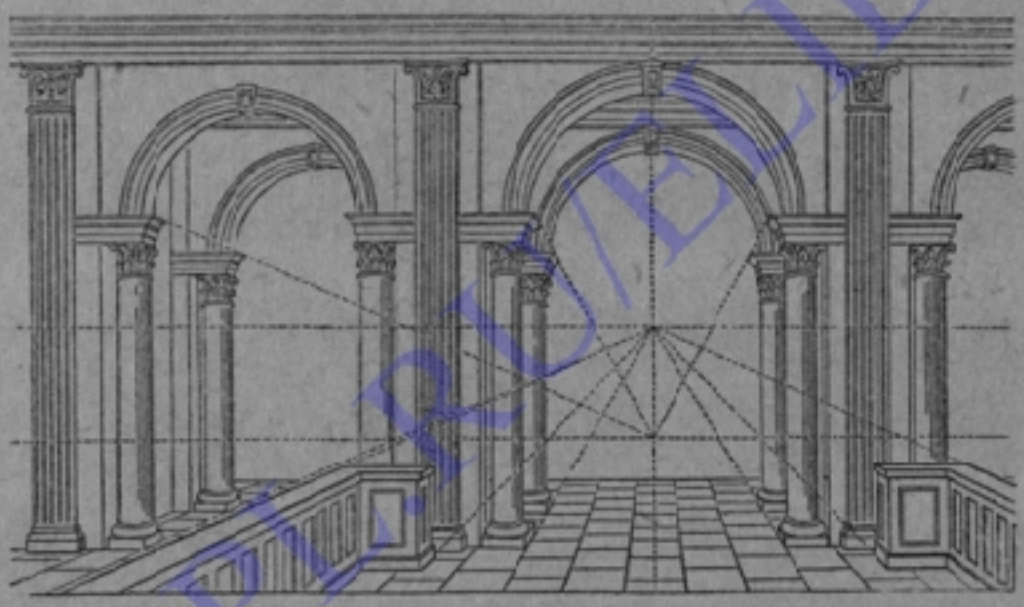
точку зрения подвинуть влево, оставляя ее на том же горизонте (290). При этом получается диагональный вид.

Изображение будет более живописным, если при центральном, фронтовом виде, точку зрения опустить ниже основания колонн (черт. 288 и 291). Эта живописность усиливается, если приблизить точку зрения к картине (черт. 292).

Вид получается очень красивым, если точку зрения поместить внизу, против основания здания и сбоку (по диагонали) (черт. 293). Если же поместить точку зрения очень низко, сбоку и близко от здания, то изображение получится неудачным; на картине исчезнет значительная часть здания (черт. 294).

c) Применение нескольких горизонтов и точек зрения.

Выше были объяснены основные свойства перспективных проекций, которым должны удовлетворять правильно построенные изображения в картинах; однако, при рисовании с натуры, или при композиции картины, на которой нарисованы воображаемые предметы, иногда приходится сознательно отступать от правил перспективы, если только эти отступления способствуют более правильному представлению о форме изображаемых предметов, или же придают большую живописность и полноту изображаемому сюжету.



Черт. 298. Схема картины Паоло Веронезе «Пир у Левита».
(Две точки зрения.)

Эти отступления от единой точки зрения соответствуют стремлению художников дать изображению *как бы движение*, расширить кругозор, который поневоле суживается при стационарной точке зрения.

Отступления от правил перспективы допускаются в следующих случаях:

1) Когда на картине желают изобразить такие предметы, совокупность которых не может быть видима с одной точки зрения; в этом случае разные части картины рисуются с разных точек зрения.

2) Когда на картине изображаются поверхности вращения или такие поверхности, относительные размеры и формы которых нам заранее известны (люди, животные).

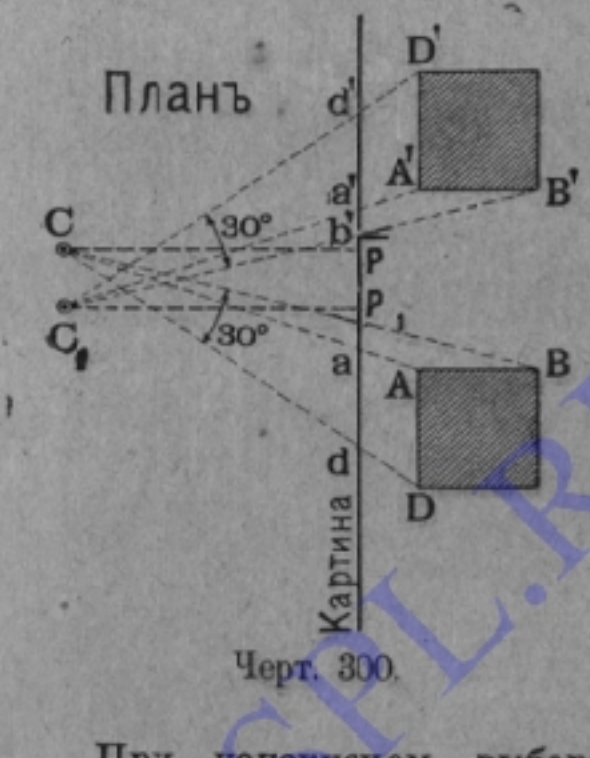
Черт. 299. «Афинская школа». Рафаэля. (Две точки зрения.)

3) Когда картина имеет значительные размеры.

Рассмотрим подробнее каждый из упомянутых случаев.

На чертеже 295 показаны в вертикальном разрезе здание и картина К. Если смотреть из точки зрения С, то на картине хорошо изобразятся потолки 2-го этажа AB и 1-го этажа DE, но совсем не будет виден пол 1-го этажа F и ступени.

Из точки зрения C_1 часть ступеней уже видна, но пол 1-го этажа все-таки не виден. Из точки же C_2 пол уже виден, но зато хуже виден потолок DE, чем из точек C_1 и С.

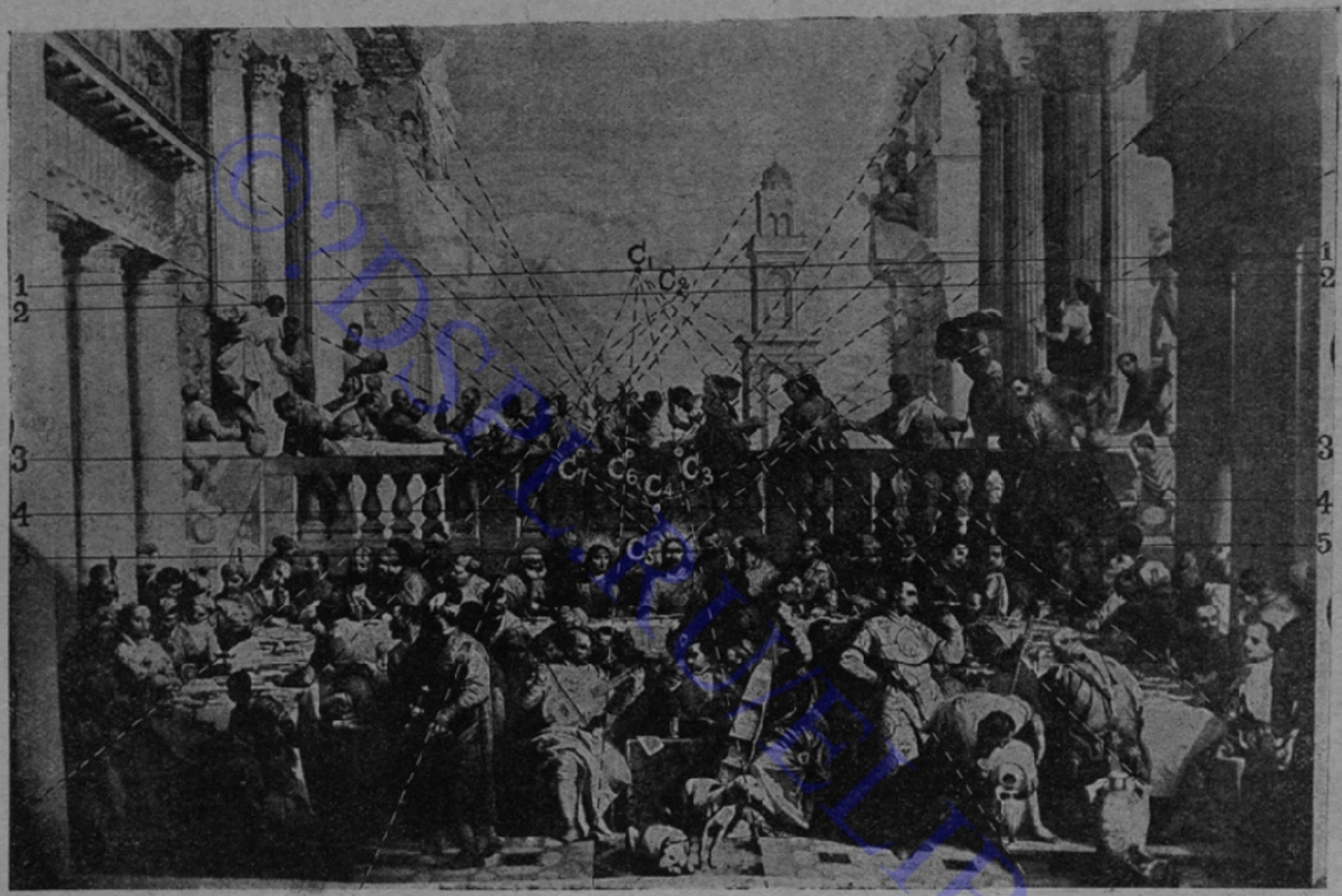


Черт. 300.

Поэтому некоторые художники, желая изобразить на картине большую площадь пола и больше предметов, находящихся на полу, рисовали последний с высокой точки зрения; желая же изобразить большую часть потолка и украшений на нем, рисовали его с низкой точки зрения. Таким образом, на картине получалось две или более линий горизонта, в зависимости от того, сколько точек зрения было принято художником.

При неискусном выборе точек зрения, это отступление довольно ясно бросается в глаза. Например, на чертеже 296 изображена картина из стенной живописи в Помпее. Здесь приняты три точки зрения, расположенных на трех горизонтах. Из верхней точки зрения нарисованы пьедесталы колонн, из средней — потолок, а из нижней — балкон и небольшие сводики между колоннами. На этой картине, помимо вообще ряда ошибок против правил перспективы (например, часть пьедесталов изображена в фасаде, а часть в перспективе), еще виден пример ошибки и в выборе разных точек зрения. Именно, самые верхние линии имеют не самую нижнюю точку схода, а среднюю, благодаря чему бросается в глаза непараллельность друг другу тех линий, которые в пространстве должны быть заведомо параллельны друг другу.

Более приятное впечатление производит картина 297, где изображен парк, нарисованный также с трех точек зрения. Бла-



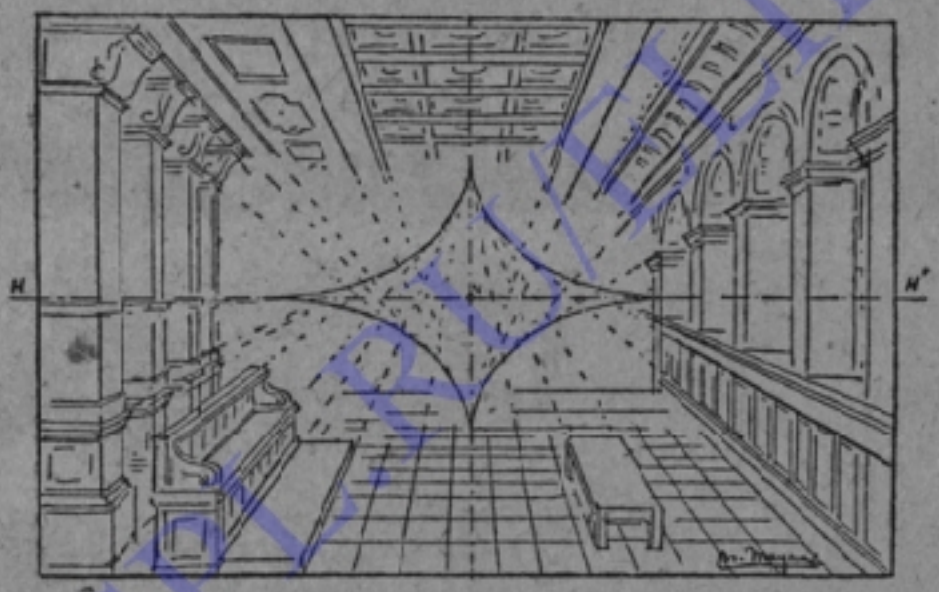
Черт. 301. «Брак в Кане Галилейской». Картина Паоло Веронезе. (Семь точек зрения и пять горизонтов.)

годаря высокой точки зрения для поверхности дорожки, ясно выступает вид фонтана, на который художник, очевидно, хотел обратить главное внимание зрителя.

На черт. 298 изображена схема картины Паоло Веронезе «Пир у Левита».

Для того, чтобы впоследствии яснее изобразить толпу гостей, художник нарисовал пол и столы с высокой точки зрения. Для того же, чтобы яснее изобразить потолок и карнизы, для них он принял более низкую точку зрения.

Подобные же отступления от правил перспективы делал и Рафаэль в своих картинах, например, в своей «Афинской школе»



Черт. 302. Кривая точек схода.

(черт. 299). Он принял две точки зрения, расположенные на двух горизонтах. Из верхней точки зрения нарисованы пол и вся группа лиц, из нижней—своды и вообще вся верхняя часть картины. Если бы фигуры людей имели общую точку схода с линиями потолка, то головы людей, находящихся в глубине картины, опустились бы ниже и были бы закрыты людьми, стоящими впереди, что повредило бы картине.

Точка схода линий потолка находится в правой руке центральной фигуры (Аристотеля), который в левой руке держит книгу, а правой указывает как бы на землю. Если провести к этой точке линию от головы Александра, первой фигуры, находящейся по правую сторону Платона (с поднятой рукой), то не трудно заметить, насколько должна была бы уменьшится послед-

няя фигура этой группы. То же самое относится и к группам, находящимся по правую сторону зрителя. Чтобы скрыть эту перспективную погрешность, Рафаэль и поставил в глубине картины действующих лиц и тем замаскировал линии пола, идущие к горизонту.

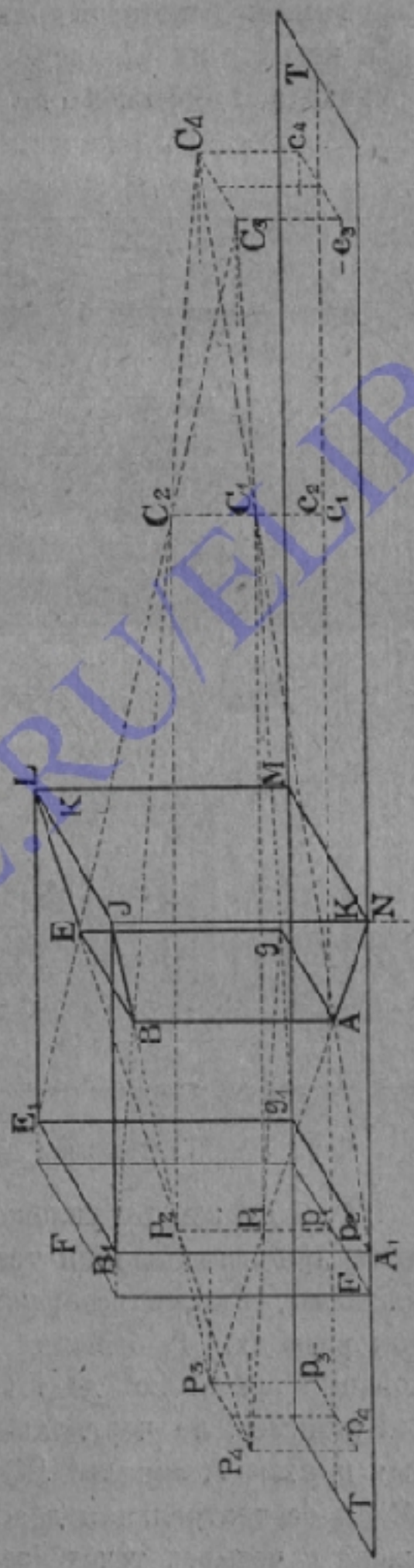
Подобными же соображениями руководствуются, если желают яснее изобразить на картине такие боковые части предметов, которые были бы неясно видны из одной точки зрения.

На черт. 300 показаны в плане два предмета ABD и A′B′D′ и картина K. Если смотреть из точки зрения C, то хорошо виден бок AB одного предмета, но плохо виден бок A′B′ другого. Наоборот, из точки C_1 хорошо виден бок A′B′ и плохо — AB.

Поэтому можно нарисовать на одной и той же картине предмет ABD из точки C и предмет A′B′D′ из точки C_1.

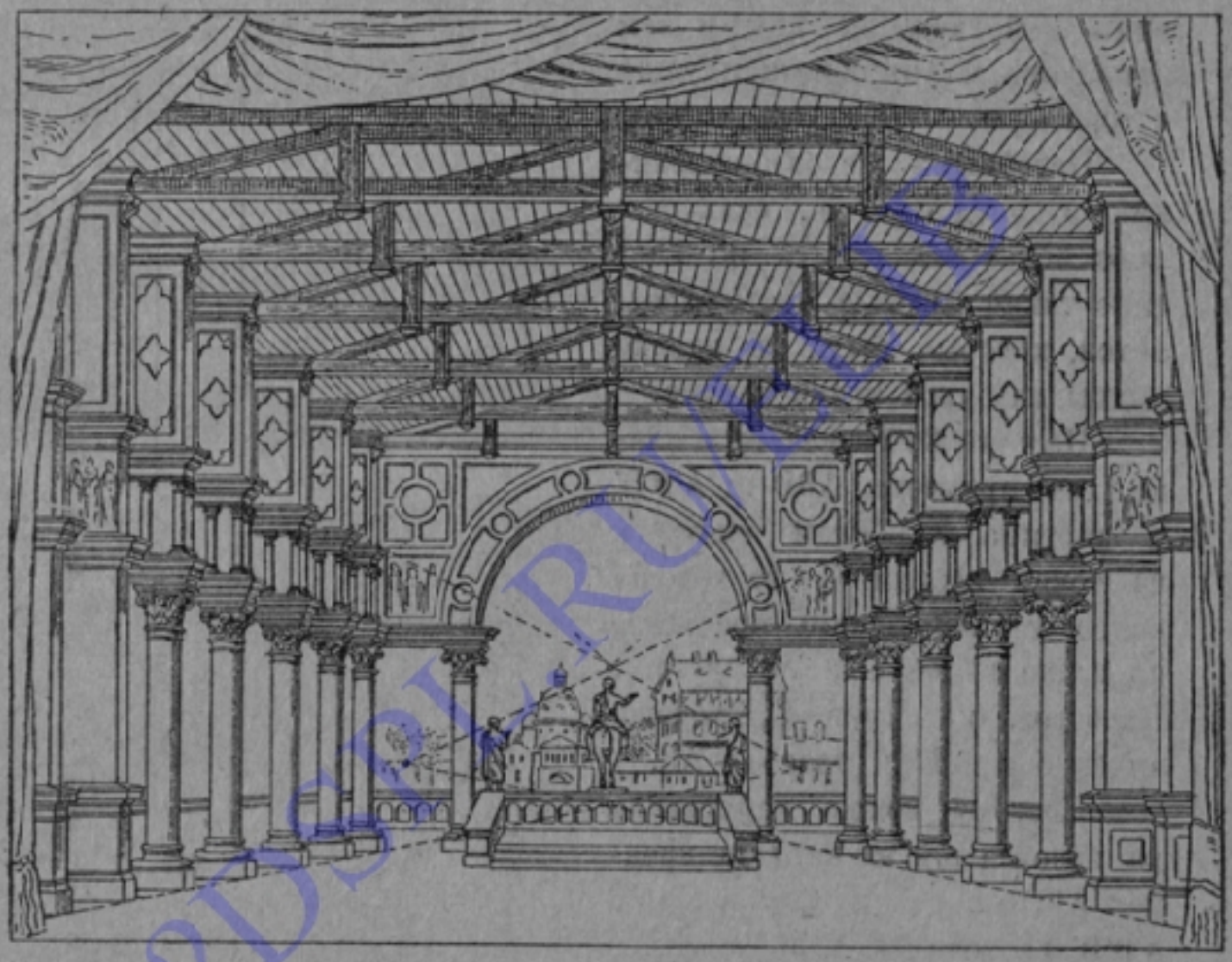
Вероятно все вышеизложенные соображения побудили Паоло Веронезе при композиции своей картины «Брак в Кане Галилейской» (черт. 301), выбрать семь точек зрения, расположенных на пяти горизонтах.

Для того, чтобы переход от одной точки зрения к другой был бы наименее заметен на картине, можно было бы выбирать



Черт. 303. Театральная перспектива с четырех точек зрения.

на картине точки схода перпендикулярных к ней линий, расположенными по некоторой кривой линии, например, по обертке нормалей к некоторому эллипсу. Такая кривая, геометрическое место точек схода, изображена на черт. 302. Перспективы всех линий, перпендикулярных к картине, касательны к ветвям кривой линии.

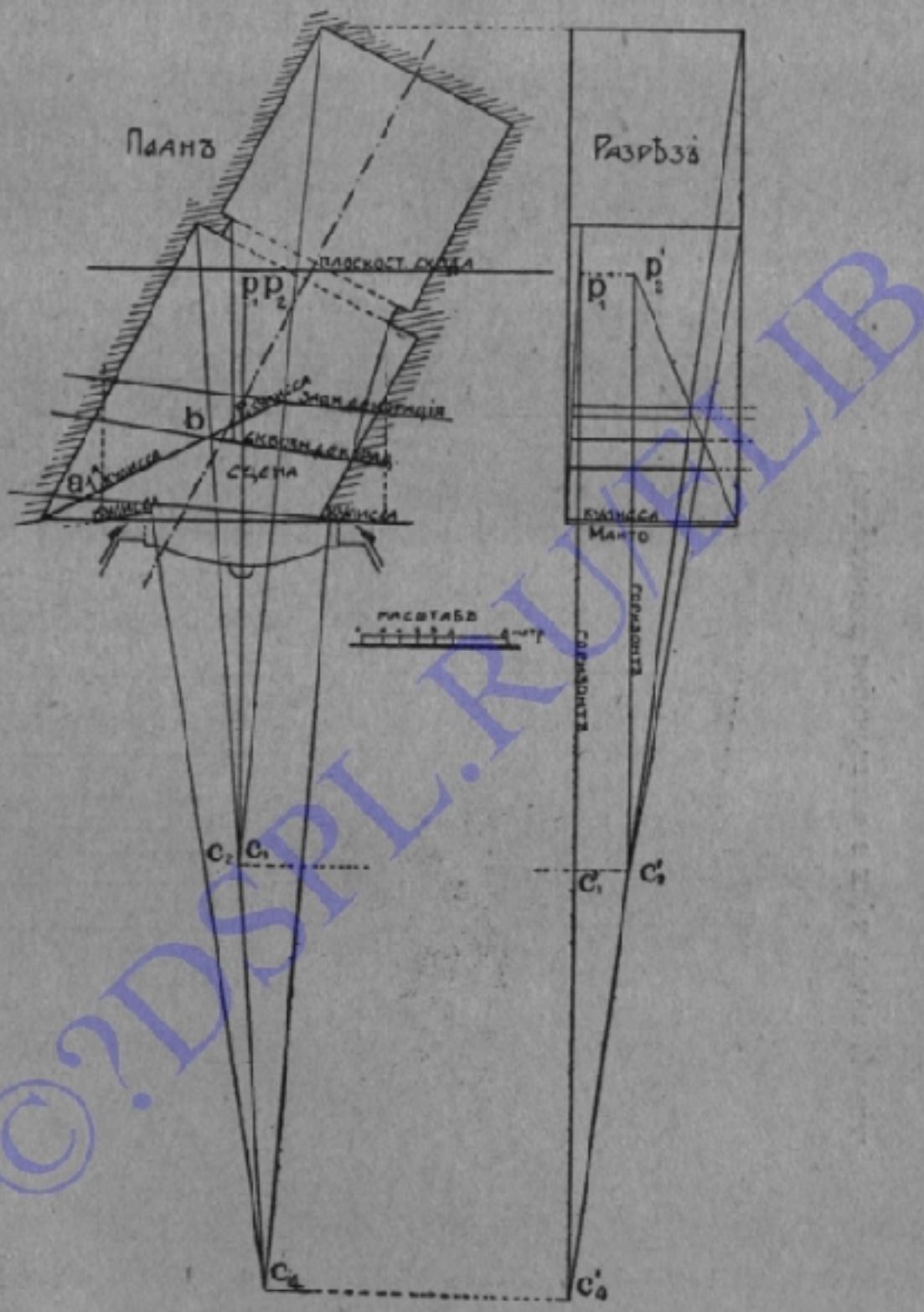


Черт. 304. Театральная перспектива с четырех точек зрения.

Подобные же отступления от единой точки зрения применяются при изготовлении театральных декораций, где предметы, ландшафты, здания изображаются не на одной плоскости, а на целом ряде их. В больших театрах, для начертания таковых декораций применяют до 4 точек зрения.

Например, на черт. 303 изображена: схема театра и показаны: партер T, занавес JKMN, изображаемая комната $A_1B_1E_1G_1$ JKMN и ее театральная декорация ABEGJKMN. Последняя изображена с четырех точек зрения $C_1C_2C_3$ и C_4.

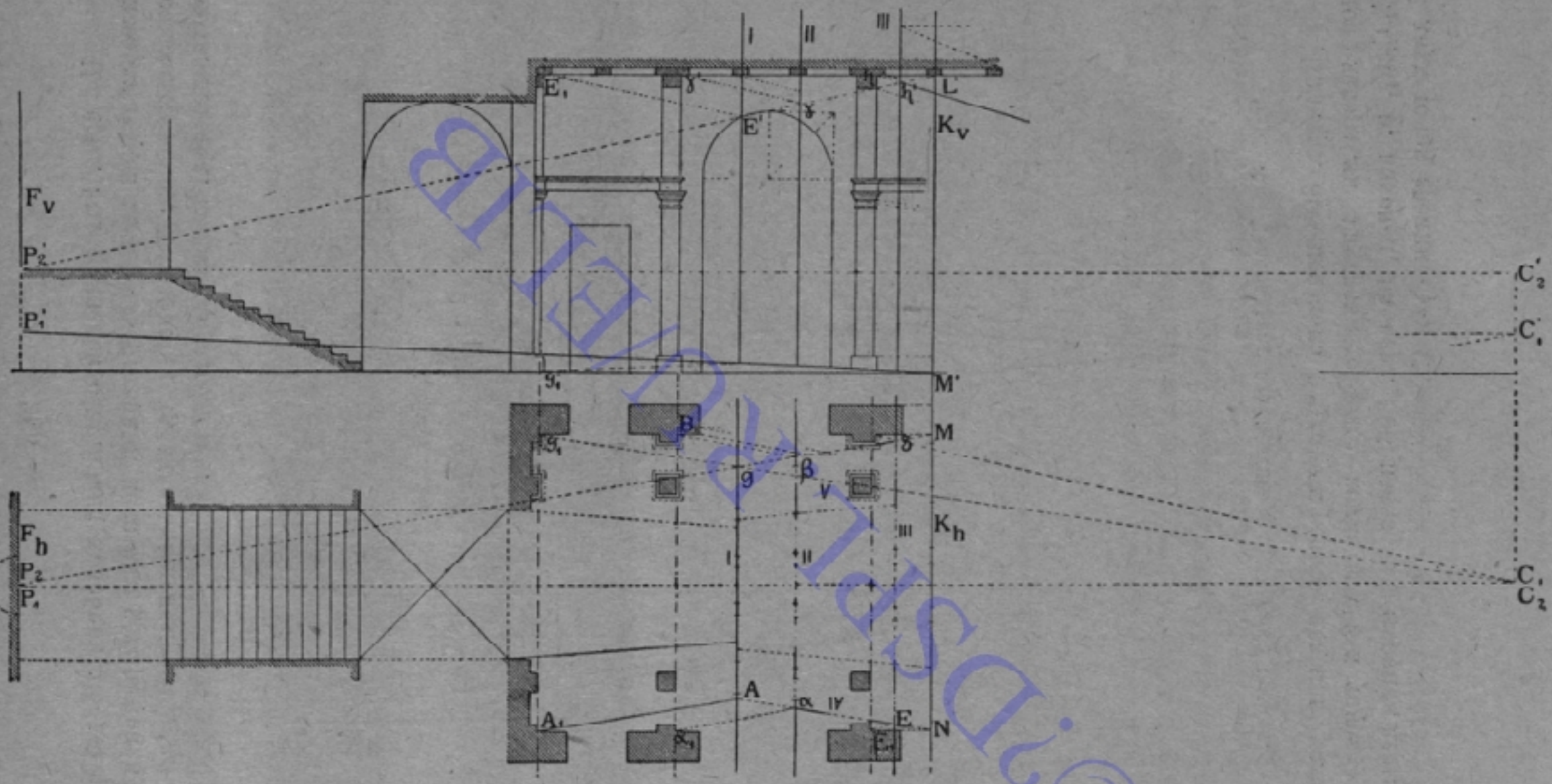
На черт. 304 приведен общий вид подобной же декорации, изображающей вестибюль дворца и показаны четыре точки схода, соответствующие главнейшим параллельным направлениям линий пола, потолка, левой и правой стен.



Черт. 305. Театральная перспектива с трех точек зрения.

На черт. 305 показана в плане и разрезе разбивка театральной декорации внутреннего вида комнаты с 3-х точек зрения C_2, C_3, C_4, и, наконец, на черт. 306 показана декорация вестюбиля с двух точек зрения C_1 и C_2.

©?DSPL.RU/LIB

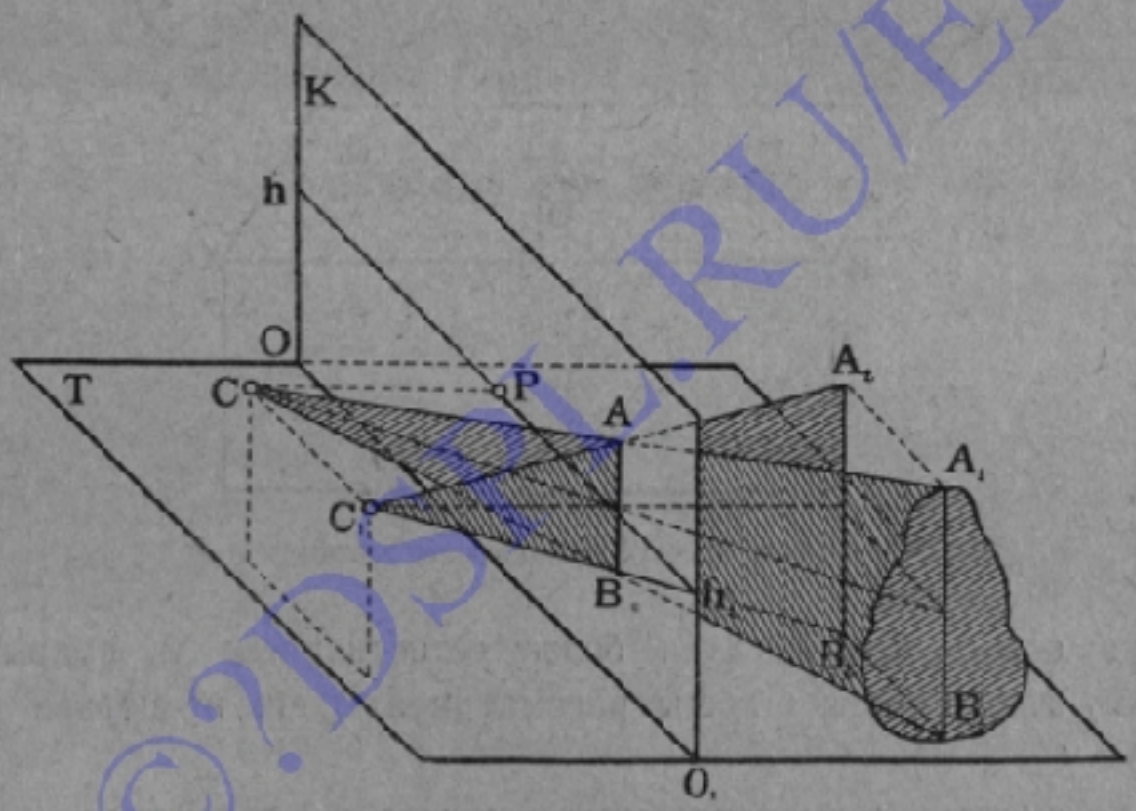


Черт. 306. Театральная перспектива с двух точек зрения.

Таким образом, стремление дать большую полноту изображению побудило и театральных декораторов как бы двигать художника (а вместе с тем и зрителя) и изображать декорации с разных точек зрения и, соответственно, при разных линиях горизонта. (Подробности о театральных декорациях и о перемещениях точек зрения читатель может найти в моем сочинении «Перспектива». Пгр. 1918 г.)

d) Изображение животных и тел вращения.

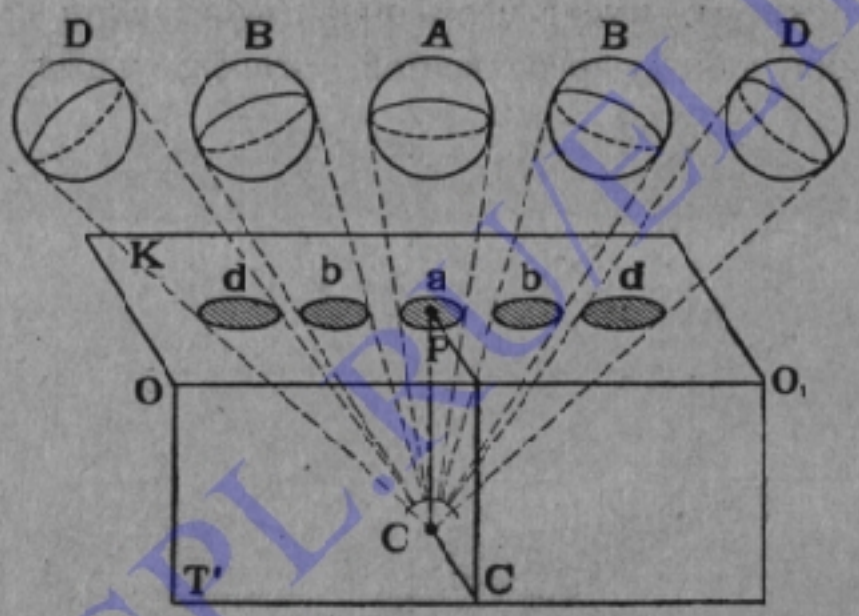
Второй случай, когда приходится отступать от правил статической перспективы, имеет место при изображении поверхностей вращения или таких поверхностей, относительные размеры и



Черт. 307.

форма которых нам заранее известны. Чем дальше изображаемое тело будет находиться от главного луча, тем сильнее будет перспективное изменение формы тела, и если нам заранее известна форма тела, то перспектива его будет казаться некрасивой и уродливой. Для того, чтобы избежать этого, изображают предметы, опять-таки с разных точек зрения, предполагая художника и тело как бы передвигающимися параллельно картине.

На черт. 307 изображены: картина K, точка зрения C и изображаемое тело $A_1 B_1$, форма которого (тело вращения) нам хорошо известна, например, это может быть ваза, колонна, шар и т. п. Проведем через ось $A_1 B_1$ тела и точку зрения C проектирующую плоскость и заметим точки A и B пересечения крайних лучей ее с картиной. Линия $A B$ будет перспективою оси тела. Теперь будем двигать точку зрения и точки A_1 и B_1 тела по горизонтальным линиям, параллельным картине, до тех пор, пока плоскость $C_1 A_2 B_3$ не станет перпендикулярной картине. Принимаем точку C_1 за новую точку зрения и изображаем предмет $A_2 B_2$ в его новом положении. Тогда изображение его



Черт. 308. Перспектива шаров.

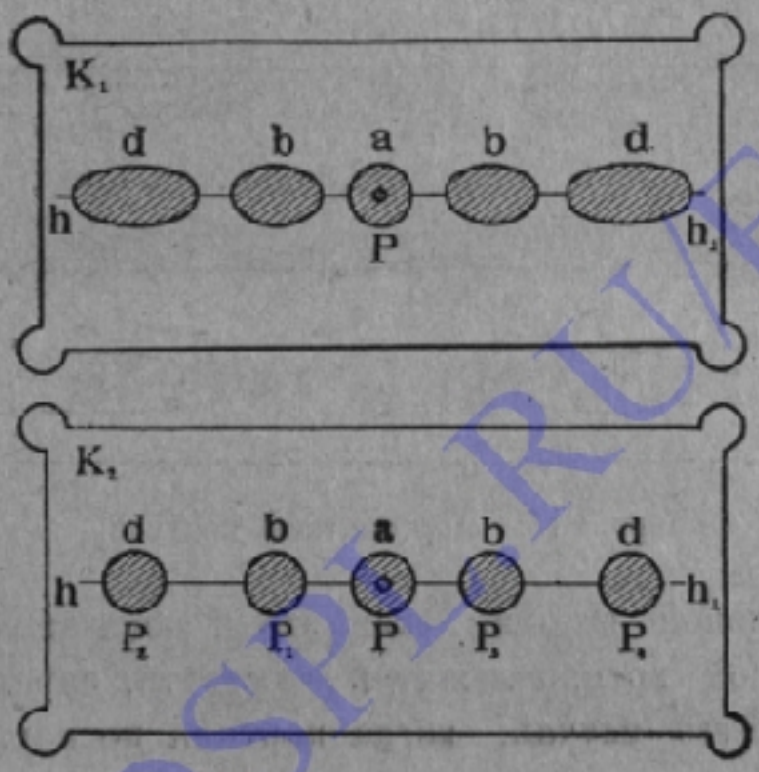
вокруг оси $A B$ получится более естественным и привычным нашему глазу, хотя бы мы рассматривали его из первой точки зрения C.

Рассмотрим применение этого метода на примерах:

На черт. 308 изображена картина K, точка зрения C, предметная плоскость T и пять шаров, центры которых лежат на линии горизонтальной и параллельной K. Центр шара A лежит на главном луче CP. При этом лишь один этот шар спроектируется на картину в виде круга. Остальные же шары изобразятся в виде эллипсов, тем более вытянутых, чем дальше шары располагаются от главного луча. Истинный вид картины показан на чертеже 309 вверху (K_1). Однако, так как наш глаз настолько привык к круговой форме шара, что всякое отступле-

ние от нее сейчас же замечается, зрителю при рассматривании картины K_1 будет казаться, что в местах b и d изображены не шары, а эллипсоиды. Для того же, чтобы получить впечатление о шарах, следует перспективы их изображать кругами того же диаметра, как и круга a (черт. 147, K_2), если шары располагаются параллельно картине. Очевидно, на основании этих соображений Рафаэль в упомянутой ранее картине «Афинская школа» изобразил на правой части ее шар кругом, а не эллипсом [1]).

То же самое впечатление получается при проектировании из одной точки зрения конусов, удаленных от главного луча.

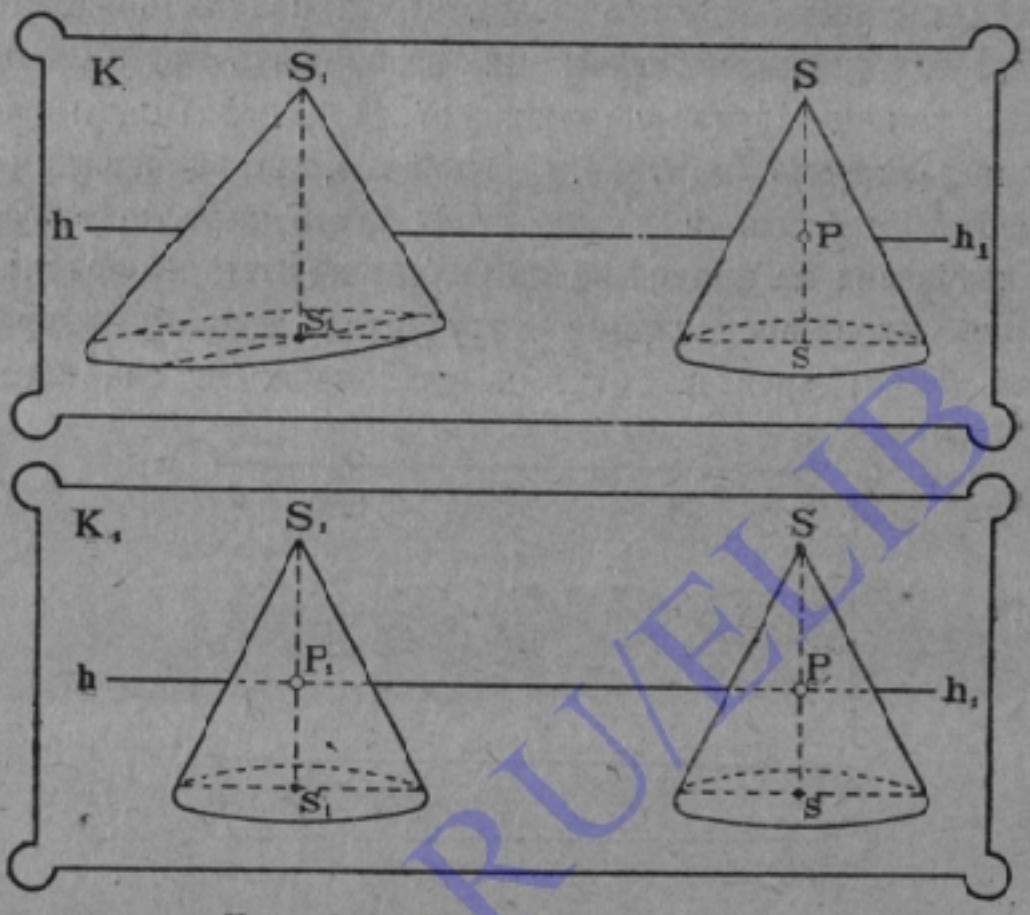


Черт. 309. Перспектива шаров.

На черт. 310 (вверху) (K) показано изображение левого конуса при главной точке P. Получается впечатление, что в месте S_1 изображен не круговой, а эллиптический, и при том неправильный, конус. Гораздо лучше будет впечатление, если и левый конус нарисовать таким же, как и правый, что и показано на черт. 310 (внизу) (K_1). При этом, конечно, предполагается, что конуса в пространстве одинаковы, вертикальные оси их лежат в плоскости параллельной K, а вершины — на одинаковой высоте. При изображении колонн получается то же явление,

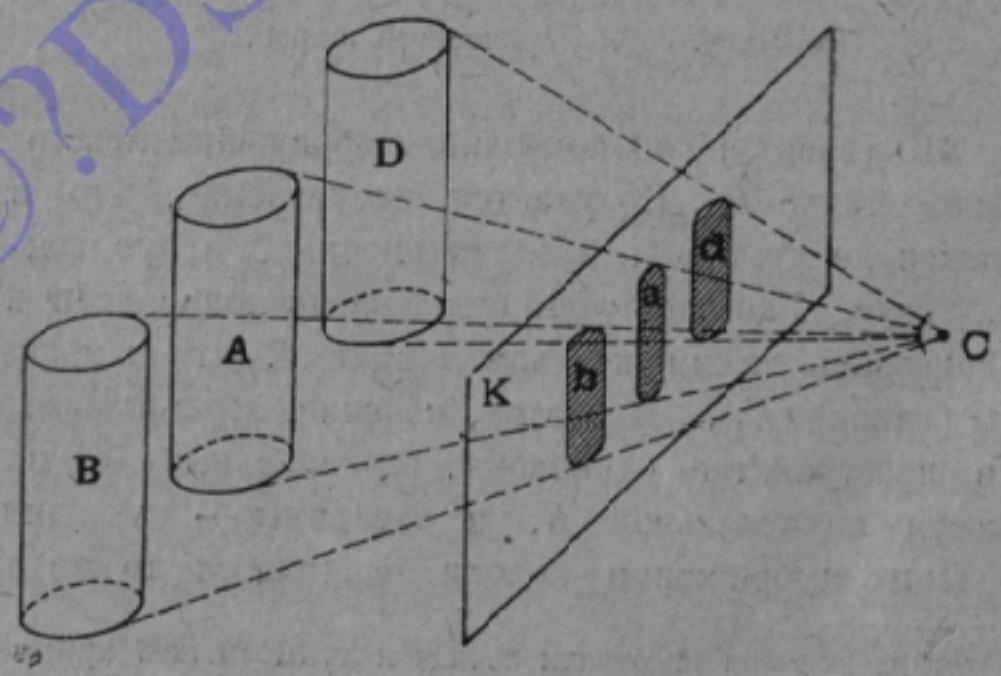
[1]) Отступления при рисовании солнца и луны см. наш курс «Перспективы» в § 6 (стр. 42).

(черт. 311 и 312 (K_1) (вверху), т.-е. крайние колонны (b и d) кажутся шире средней (a). Поэтому правильнее изображать все



Черт. 310. Перспективы конусов.

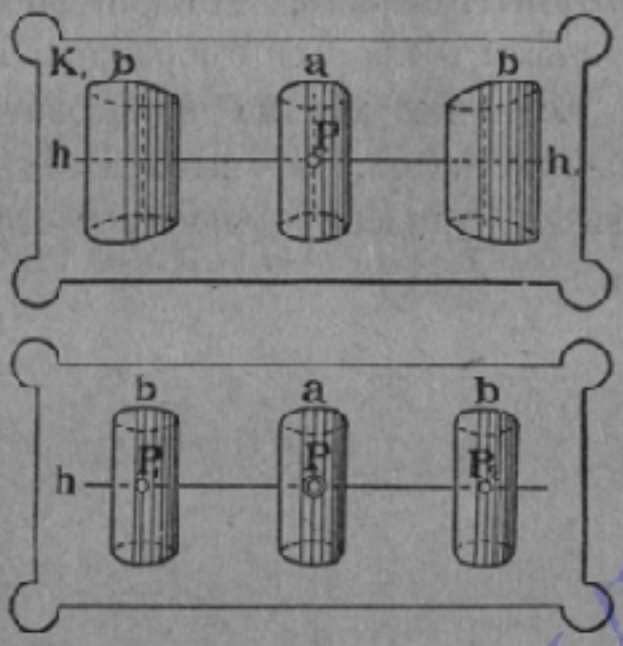
колонны одинаковой ширины, как это и показано на черт. 312 (внизу), если оси колонн лежат в плоскости, параллельной картине. Может быть случай, когда картина не параллельна пло-



Черт. 311. Перспективы колонн.

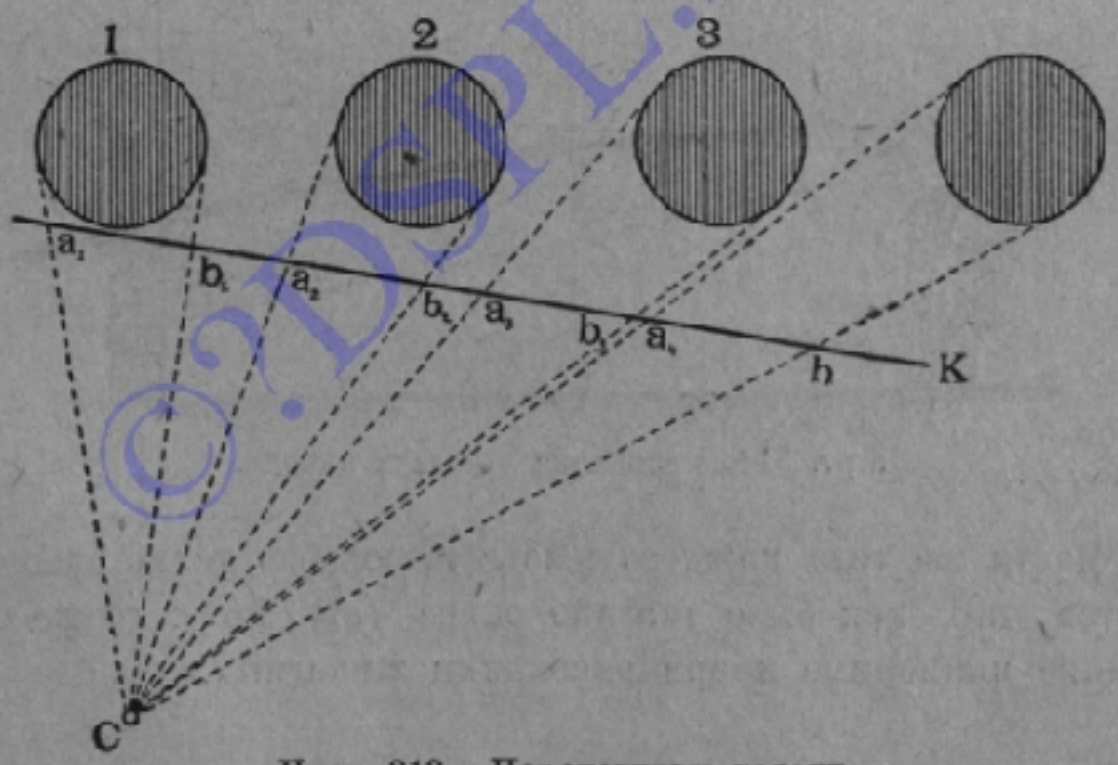
©?DSPL.RU/ELIB

скости, в которой лежат оси колонн, как это изображено в плане на черт. 151. В этом случае колонны 2, 3 и 4 должны, по мере их удаления от главного луча PC, казаться все у́же и у́же.



Черт. 312. Перспективы колонн.

Между тем, при правильном построении, может оказаться, как это и получилось на чертеже 313, что ширина $a_1\ b_1$ — перспектива наиболее удаленной, четвертой, колонны больше, чем ширина

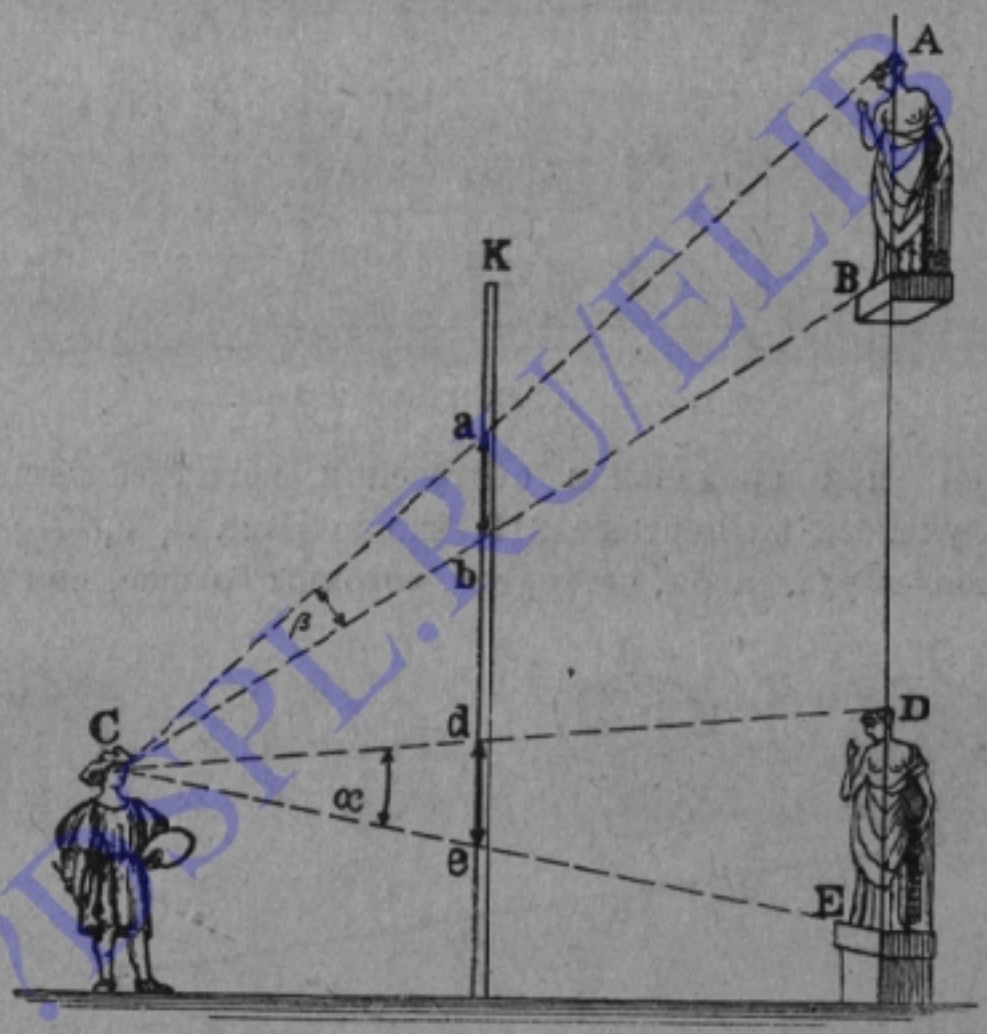


Черт. 313. Перспективы колонн.

$a_3\ b_3$ третьей и ширина $a_2\ a_2$ — второй. Если изобразить таким образом колонны на картине, то они будут казаться уширяющимися по мере удаления их от главного луча.

Поэтому их следует изображать постепенно все более и более узкими, сознательно отступая, таким образом, от правил перспективы.

Ранее (стр. 243) мы говорили, что при рисовании портретов отдельных людей, части тела их изображаются без перспективных сокращений. Если необходимо нарисовать на одной и той же картине несколько людей, то высоты их изображаются на картине, соответственно удалению людей от основной точки зре-



Черт. 314. Рисование больших картин.

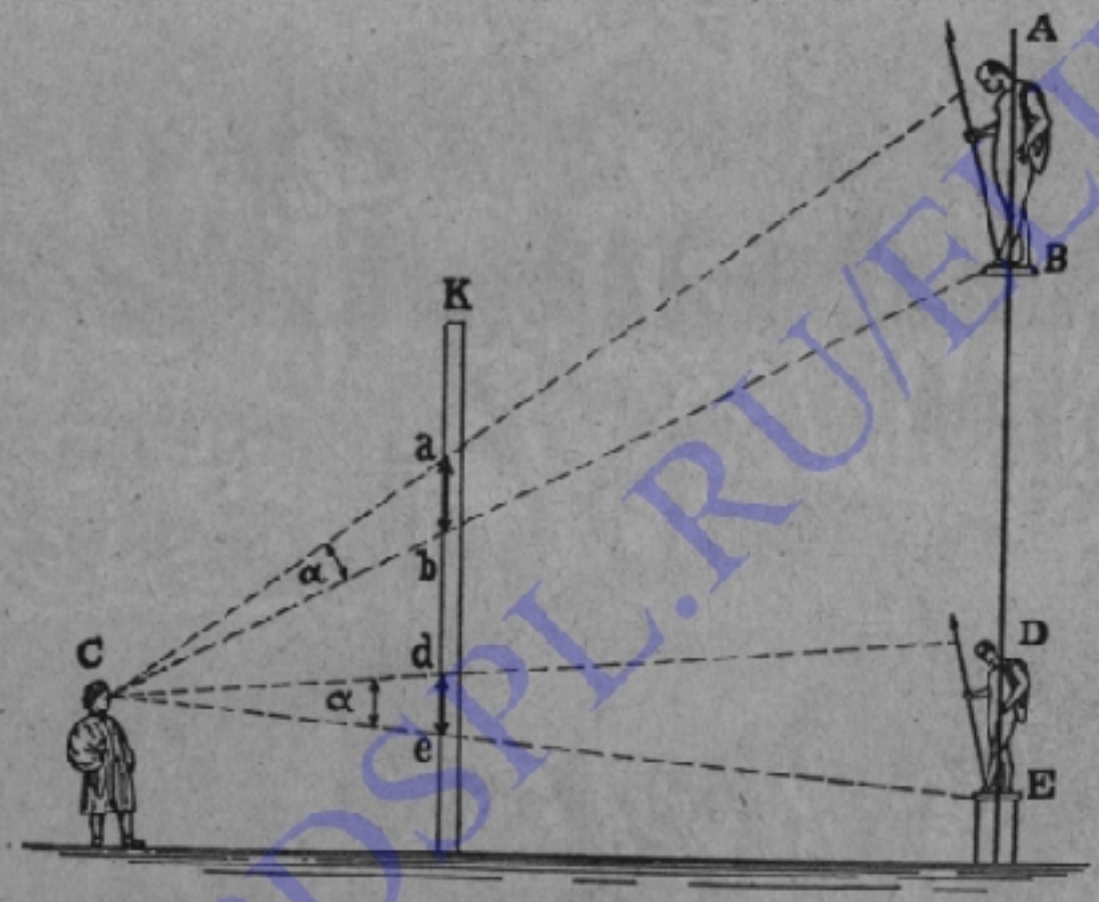
ния. Части же тела каждого человека, подобно телам вращения, рисуются так, как было указано ранее (стр. 267); то же самое замечание применимо и при рисовании животных.

е) Рисование больших картин.

Перейдем теперь к рассмотрению третьего случая, когда приходится отступать от правил статической перспективы, именно, при композиции картин больших размеров.

Если предстоит нарисовать длинную картину, которую придется рассматривать с близких точек зрения, то отдельные части се рисуют с независимых точек зрения, предполагая художника как бы двигающимся по горизонтали параллельно картине. Это бывает возможно, если на картине изображены, например, пейзаж и отдельные группы предметов или людей.

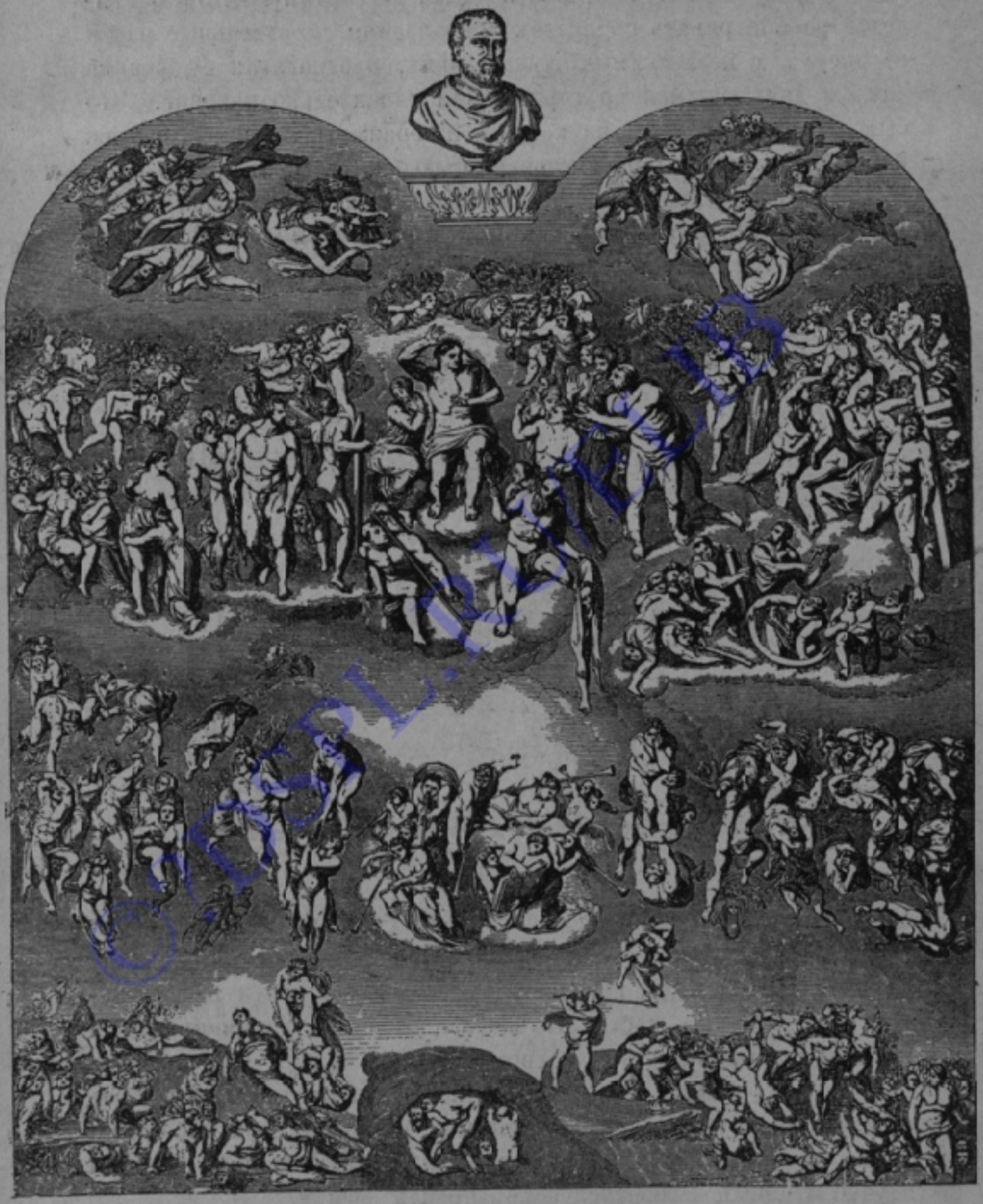
Примером такой композиции может служить картина Горация Верне «Взятие Смалы Абд-эль-Кадера» (Prise de la Smala d'Abd-el-Kader), где, для изображения ряда эпизодов битвы, взято



Черт. 315.

несколько точек зрения вдоль горизонтальной линии, параллельной картине. Зритель, которому трудно окинуть всю картину одним взглядом, будет передвигаться вдоль картины и рассматривать ее отдельные части из точек, соответствующим принятым точкам зрения. Однако, такого приема следует избегать при композиции сюжета, отдельные части которого должны быть между собою геометрически связаны, например, при рисовании длинных зданий с общими карнизами или цоколями. В этом случае лучше пользоваться одной точкой зрения.

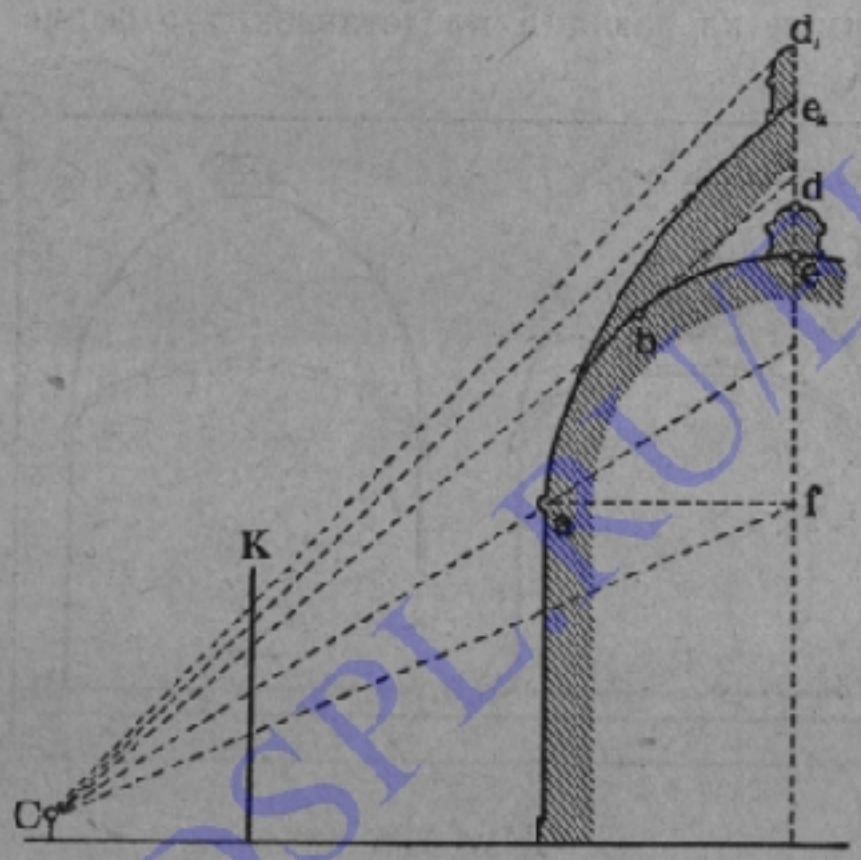
Если предстоит компановать высокую картину, при рассматривании которой зритель не может подниматься и опускаться,



Черт. 316. «Страшный Суд». Картина Микель-Анжело.

то можно применить следующий прием, объясненный на черт. 314 и 315.

Предположим, что на картине K, представленной на черт. 314 в разрезе, следует изобразить две статуи AB и DE одинаковой высоты, но расположенные на разных уровнях. Если нарисовать при точке зрения C обе статуи, то высоты изображений будут равны друг другу, т.-е. $ab = de$. Однако, изображение ab будет зрителю казаться меньше, чем be, так как зри-



Черт. 317.

тель, для рассматривания ab, повернет голову немного вверх и увидит ab под углом зрения β меньшим, чем угол зрения α для изображения de.

Для того, чтобы ab казалось равным de, необходимо ab увеличить так, чтобы угол зрения β был равен углу зрения α (черт. 315). Это соответствует условию, что верхняя срисовываемая статуя AB выше ростом, чем нижняя.

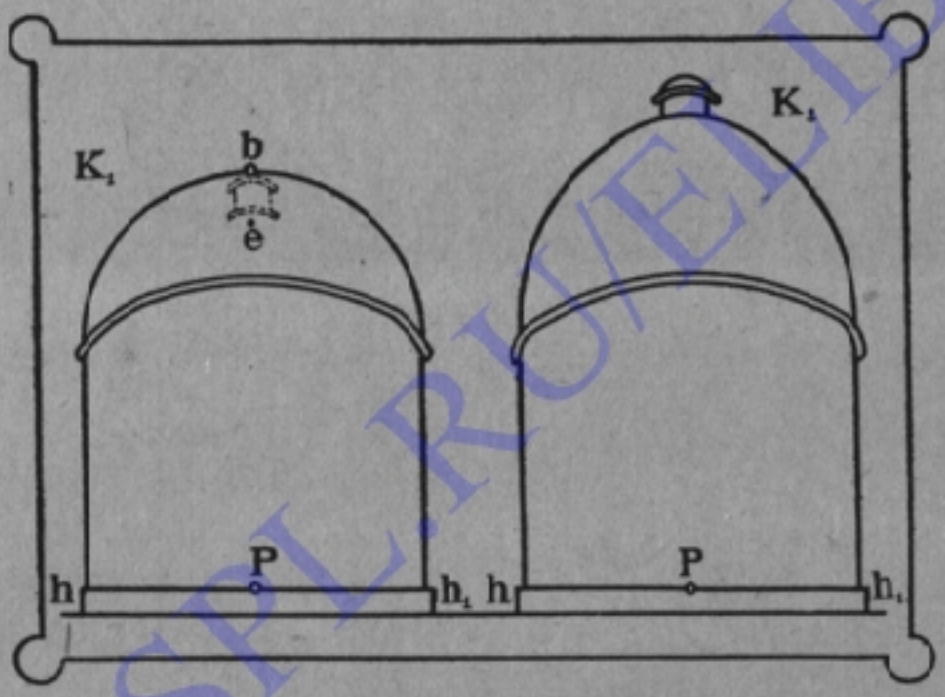
Вероятно, этими соображениями руководствовался Микель Анжело при композиции своей картины «Страшный Суд», нарисованной на стене Сикстинской капеллы в Риме (черт. 316); высота картины 60 футов. Фигуры, изображенные наверху кар-

©2DSPLIB

тины, в особенности центральная фигура — бога Саваофа, нарисованы значительно больше фигур, расположенных внизу картины.

Подобные же отступления от правил перспективы приходится делать при рисовании высоких зданий.

Например, на чертеже 317 показаны в разрезе: картина K и здание с шаровым куполом $a\ b\ e$, наверху которого помещается башенка $d\ e$. При рисовании здания из точки зрения C на картине точка b изобразится выше не только точки e, но даже и точки d (черт. 318 — (слева) — K_1). Изображение будет неестественным и не дающим представления о форме купола.



Черт. 318.

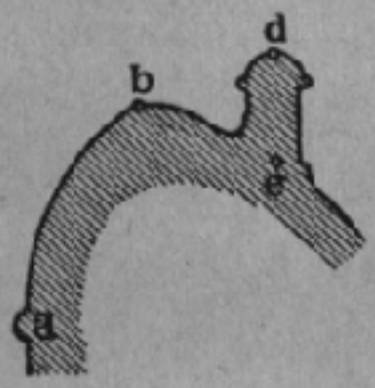
Последний кажется не шаровым, а как бы эллипсоидальным, что соответствует разрезу купола по чертежу 319.

Чтобы получить изображение, более напоминающее форму купола, следует рисовать не шаровой, а приподнятый купол, форма которого обозначена на чертеже 317 буквами $a\ e_1\ d_1$. При шаровых куполах положение точки e_1 определяется условием, чтобы $e_1\ e = m\ f$, где (m) [1]) является точкой пересечения луча $C\ a$ с осью здания, а f — центр круга основания купола. Кривая $e_1\ a$ проведена касательной к лучу $C\ e_1$ в точке e_1; высота же и размеры башенки $d_1\ e_1$ приняты приблизительно равными таковым башенки $d\ e$.

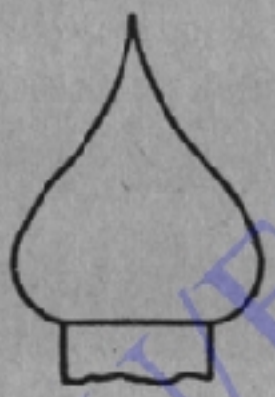
[1]) На черт. 317 буква m пропущена.

При рисовании здания с новой формой купола получится картина K_2 (черт. 318 — справа) более соответствующая ожидаемому впечатлению от купола $a\,b\,e$.

Вероятно, теми же соображениями можно отчасти объяснить применение заострения для очертания куполов церквей (черт. 320). При таком очертании даже при довольно близкой точке зрения все же видна вершина купола.



Черт. 319.



Черт. 320.

c) Теория киноперспективы.

Картины экрана, давая нам впечатление о явлениях во времени, представляют в то же время серию перспективных картин, непрерывно чередующихся друг за другом.

В то время как обыкновенная или статическая перспектива изучает неподвижные перспективные изображения [1]), чередование картин экрана порождает впечатления иного порядка, чем при неподвижных картинах, так как при кинокартинах появляется элемент времени. Вот почему киноленты могут прекрасно демонстрировать принцип относительности (о чем см. § 16).

Ниже нами делается впервые попытка установить математическую теорию этой новой науки, «киноперспективы». В ней мы пробуем разобрать основные задачи, связывающие форму изображения какого-либо предмета на экране с его движением в пространстве и со временем.

---

[1]) См., например, наш курс: «Перспектива». Птгр., 1918 г.

©DSL.RU/ELIB

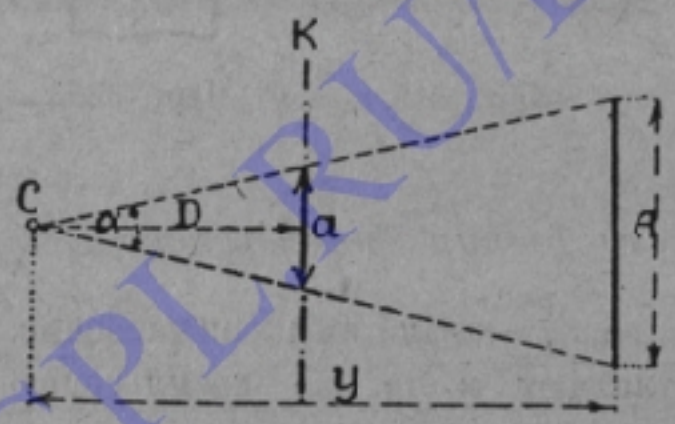
1. *Приближение вертикального предмета к картине вдоль главного луча зрения.*

На чертеже 321 изображены в вертикальном разрезе по главному лучу картина K, предмет высотою A и точка зрения C. Главное расстояние обозначено через D, расстояние предмета A до C — через y. Предмет спроектируется на картину в изображение, высоту которого обозначим через a. Угол зрения обозначим через α. Из подобия $\triangle\triangle$ имеем:

$$\frac{a}{A} = \frac{D}{y},$$

откуда:

$$a = A.\,D.\,\frac{1}{y} \quad \ldots\ldots\ldots\ldots \quad (1)$$



Черт. 321. Приближение предмета к картине вдоль главного луча.

Примем главное расстояние D за единицу длины (D = 1). Тогда последняя формула напишется так:

$$a = A.\,\frac{1}{y} \quad \ldots\ldots\ldots\ldots \quad (2)$$

Это есть уравнение равносторонней гиперболы, отнесенной к ее асимптотам.

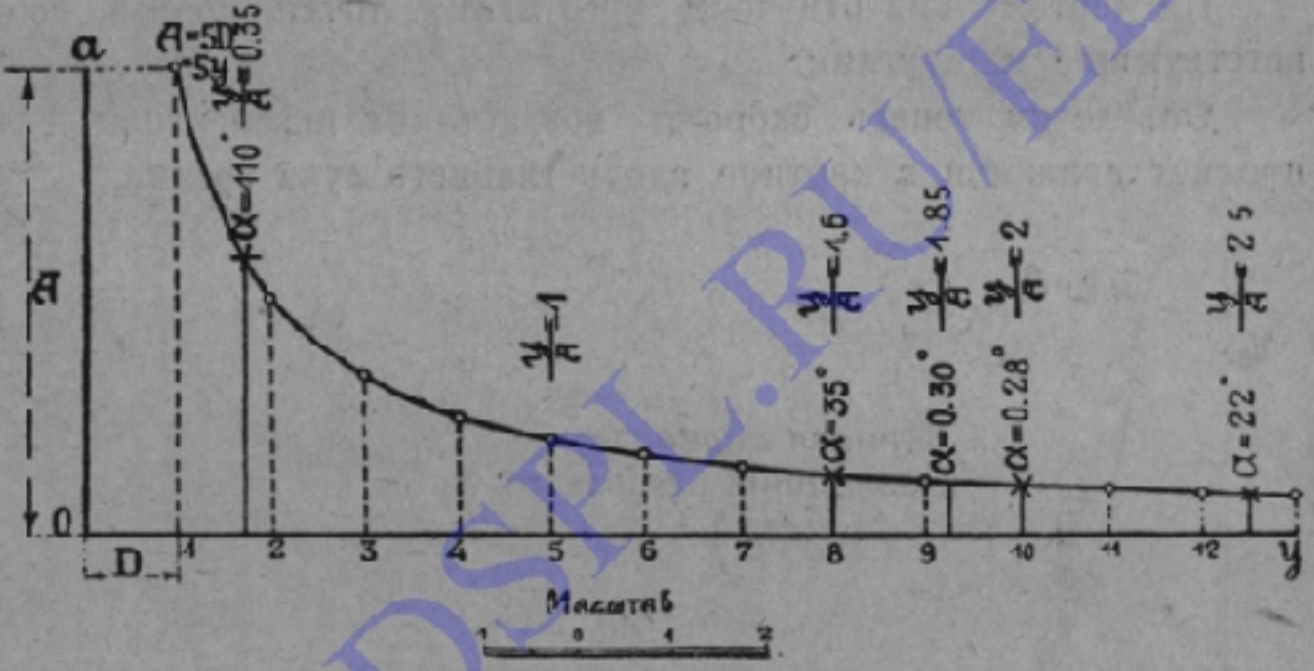
Зададимся произвольной высотой A предмета и построим эту кривую по точкам (черт. 322), например для y = от 1 до 13, при чем по оси абсцисс будем откладывать y, т.-е. удаления предмета от зрителя, а по оси ординат — (a), т.-е. высоты перспектив его.

Формула (2-я) выражает собой следующую теорему:

©DSPL.RU/ELIB

Теорема 1-я. При движении вертикального предмета вдоль главного луча зрения перспектива высоты предмета обратно пропорциональна удалению его от точки зрения.

Как видно из чертежа 322, передвижения предмета вблизи картины (y = от 1 до 6 — 7), или когда предмет A удален от точки зрения на расстояние менее полуторной его высоты $\frac{D}{a} = \frac{y}{A} < 1{,}5$, дают резкие изменения высот (a) перспективы его; передвижения же предмета вдали от картины (y = 8 — 13 и далее) на высоту его перспективы влияют весьма мало.



Черт. 322. Приближение предмета к картине вдоль главного луча.

На практике построение перспективных изображений связано условием определенного угла (α) зрения, под которым рассматривается предмет из точки зрения C. Разным углам зрения (α) будут соответствовать и разные отношения $\frac{a}{D} = \frac{A}{y}$, или $\frac{D}{a} = \frac{y}{A}$ (черт. 321).

В таблице XV даны эти значения для живописи, кинематографии и фотографии.

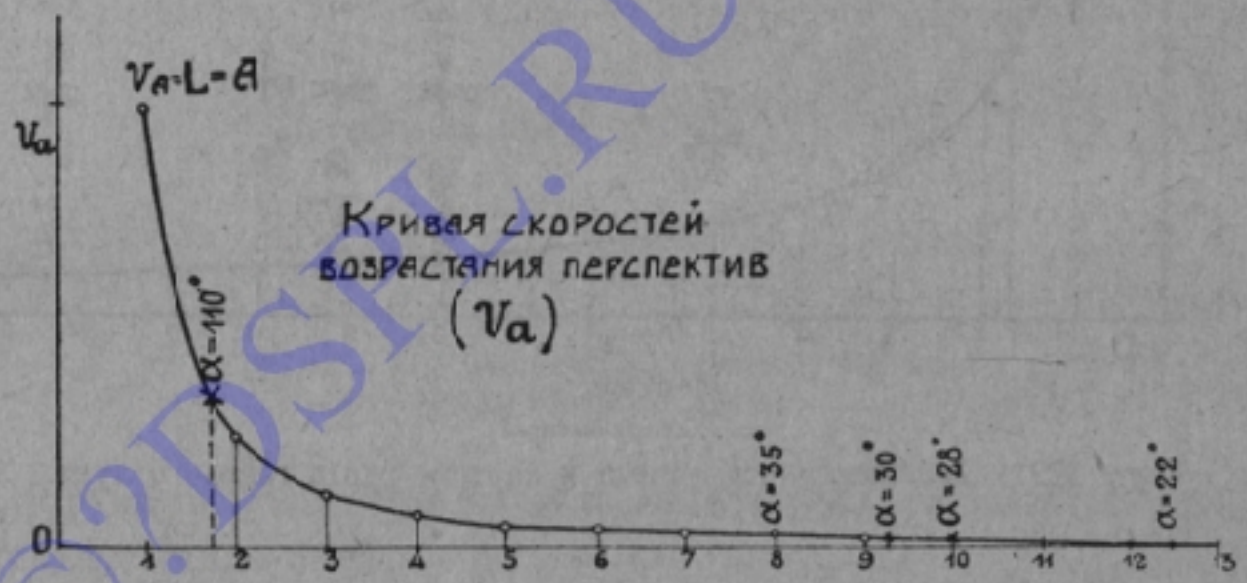
© 2DSPL.RU/ELIB

Таблица XV.

	Живопись.		Кинематография.		Фотография.	
	от	до	от	до	от	до
α°	28°	35°	22°	35°	30°	110°
$\frac{a}{D} = \frac{A}{y}$	0,5	0,63	0,4	0,63	0,54	2,86
$\frac{D}{a} = \frac{y}{A}$	2,0	1,6	2,5	1,6	1,85	0,35

На чертеже 322 отмечены крестиками точки кривой, соответствующие этим углам.

Определим теперь скорость возрастания перспективы, если предмет движется к картине вдоль главного луча зрения.



Черт. 323. Приближение предмета к картине вдоль главного луча.

Дифференцируя уравнение (1), имеем:

$$da = -AD\frac{dy}{y^2};$$

Делим обе части равенства на dt, где t — время:

$$\frac{da}{dt} = -AD\frac{1}{y^2}\left(\frac{dy}{dt}\right).$$

обозначим: $\frac{da}{dt}$ = скорости возрастания $a = v_a$.

» $\frac{dy}{dt}$ = скорости движения предмета $A = V_A$.

©2DSPL.RU/ELIB

Тогда:

$$v_a = - AD \cdot V_A \cdot \frac{1}{y^2} \quad \ldots\ldots\ldots \quad (3)$$

Примем:

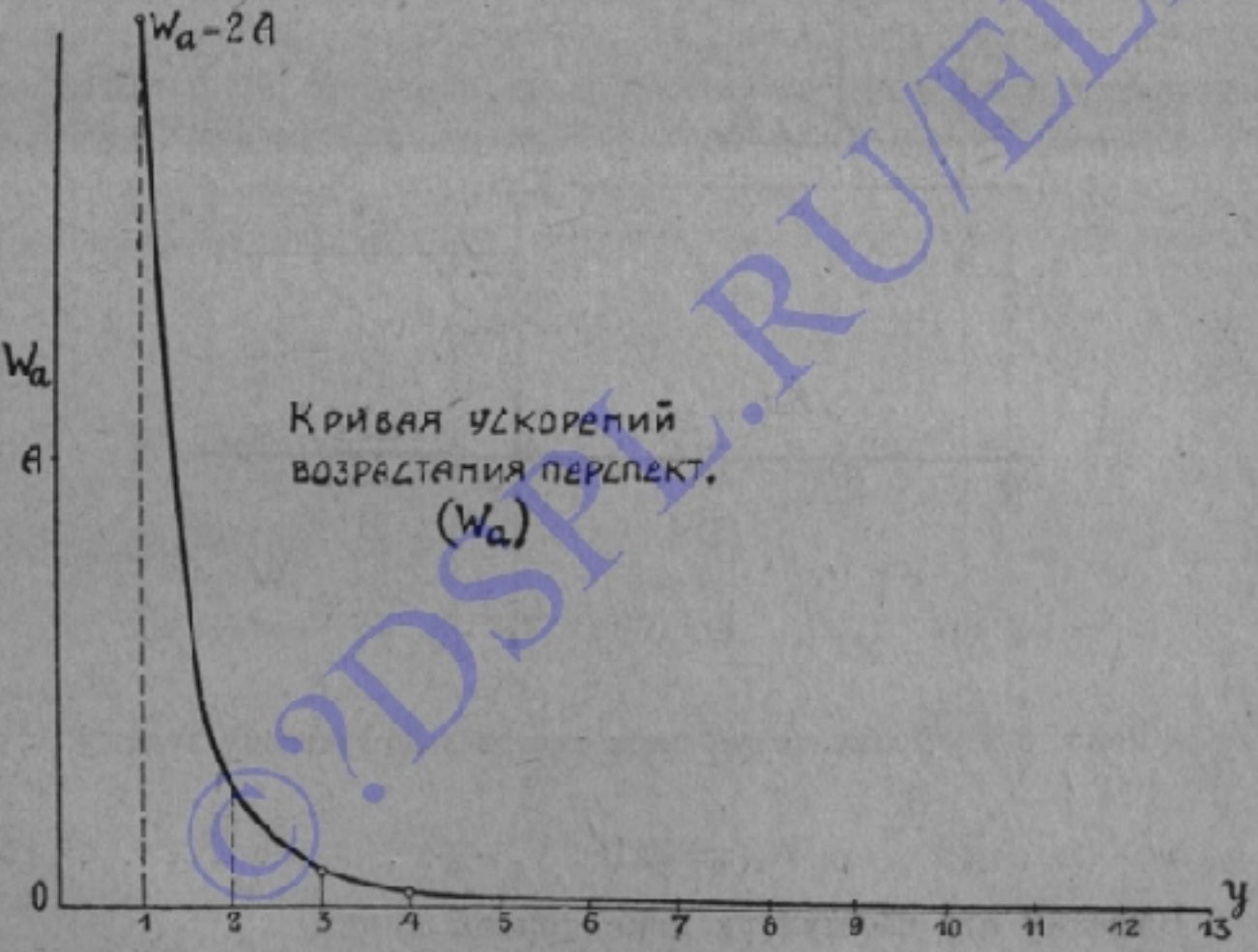
$$D = 1;\ V_A = 1;$$

тогда:

$$v_a = - A \cdot \frac{1}{y^2} \quad \ldots\ldots\ldots \quad (4)$$

Знак минус показывает, что с уменьшением (y) скорости v_a возрастают.

На чертеже 323 показана кривая, соответствующая уравнению (4). Уравнение (3) выражает общий закон изменения скорости возрастания перспективы. В частности же при постоянных A, D и V_A имеем:



Черт. 324. Приближение предмета к картине вдоль главного луча.

Теорема 2-я. При движении вертикального предмета вдоль главного луча зрения скорость изменения перспективы предмета обратно-пропорциональна квадрату удаления его от точки зрения.

Найдем, как изменяются ускорения (W_a) возрастания перспектив предмета.

©?DSPACE.RU/ELIB

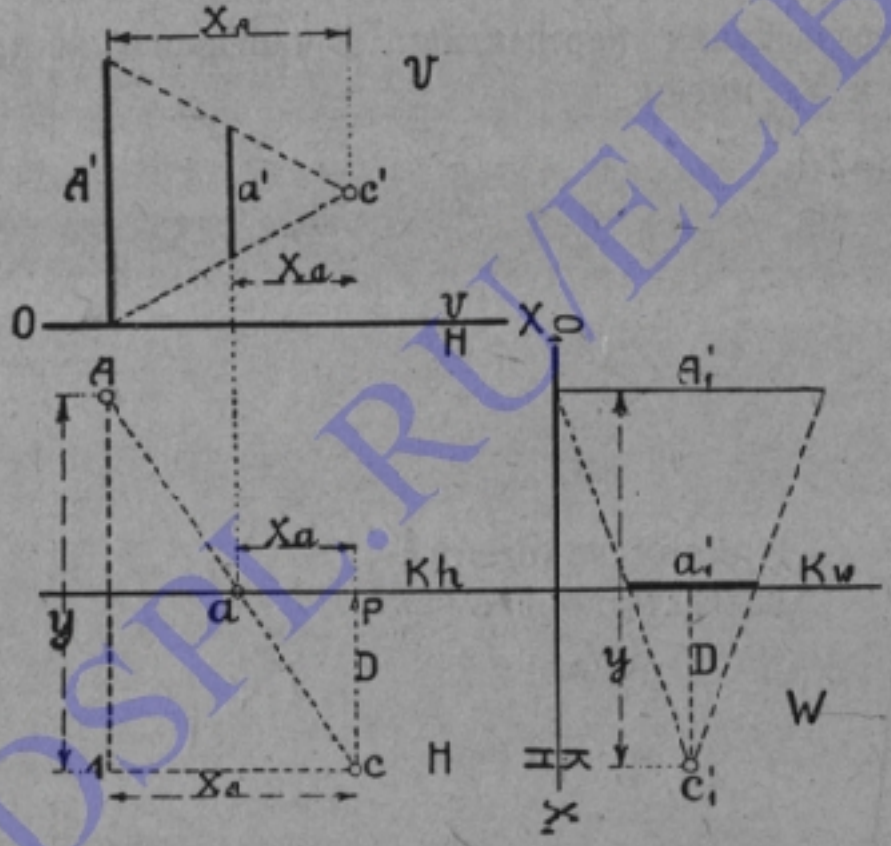
По формуле (3), имеем выражение для скорости v_a;

$$v_a = -AD \cdot V_A \cdot \frac{1}{y^2}$$

Дифференцируя, получаем:

$$dv_a = ADV_A \cdot \frac{2ydy}{y^4} = 2ADV_A \frac{dy}{y^3};$$

Делим обе части равенства на dt и, обозначая $\frac{dv_a}{dt} = W_a$ и имея в виду, что $\frac{dy}{dt} = V_A$, получаем:



Черт. 325. Движение предмета параллельно главному лучу.

$$W_a = 2AD \cdot V_A^2 \frac{1}{y^3} \quad \ldots\ldots\ldots \quad (5)$$

Выразим эту формулу в виде кривой линии.

Положим $D = 1$; $V_A = 1$, тогда формула 5-я примет вид:

$$W_a = 2A \cdot \frac{1}{y^3} \quad \ldots\ldots\ldots\ldots \quad (6)$$

Давая (y) ряд значений, например от 1 до 13, получим ряд значений ускорений W_a. Кривая изображена на чертеже 324. Из нее видно, что при равномерном приближении предмета к точке зрения ускорения вырастания перспектив заметно начинают возрастать лишь при сравнительно близком подходе пред-

©?DSPD.RU/ELIB

мета к зрителю (y = от 4 и ближе или $y = \frac{4}{5}$ A и ближе).

Формула (6) выражает следующую теорему:

Теорема 3-я. При движении вертикального предмета вдоль главного луча зрения ускорение изменения перспективы предмета обратно-пропорционально кубу удаления его от точки зрения.

2. *Приближение вертикального предмета к картине параллельно главному лучу.*

На чертеже 325 в ортогональных проекциях на V, H и W изображены: вертикальный предмет A, точка зрения C, картина K и обозначены: расстояние C до картины через D, перспектива предмета через a, расстояние (a) до главного луча Cp — через X_a, расстояние предмета A до главного луча Cp — через X_A, расстояние предмета A до нейтральной плоскости C1 —через y. Имеем следующие зависимости:

в проекции на W:

$$\frac{a}{A} = \frac{D}{y},$$

откуда

$$a = AD\,\frac{1}{y} \quad \ldots\ldots\ldots\ldots\ldots (7)$$

в проекции на V:

$$\frac{X_a}{X_A} = \frac{a}{A},$$

откуда

$$a = \frac{A}{X_A} \cdot X_a \quad \ldots\ldots\ldots\ldots (8)$$

в проекции на H:

$$\frac{X_a}{X_A} = \frac{D}{y},$$

откуда

$$X_a = DX_A \cdot \frac{1}{y} \quad \ldots\ldots\ldots\ldots (9)$$

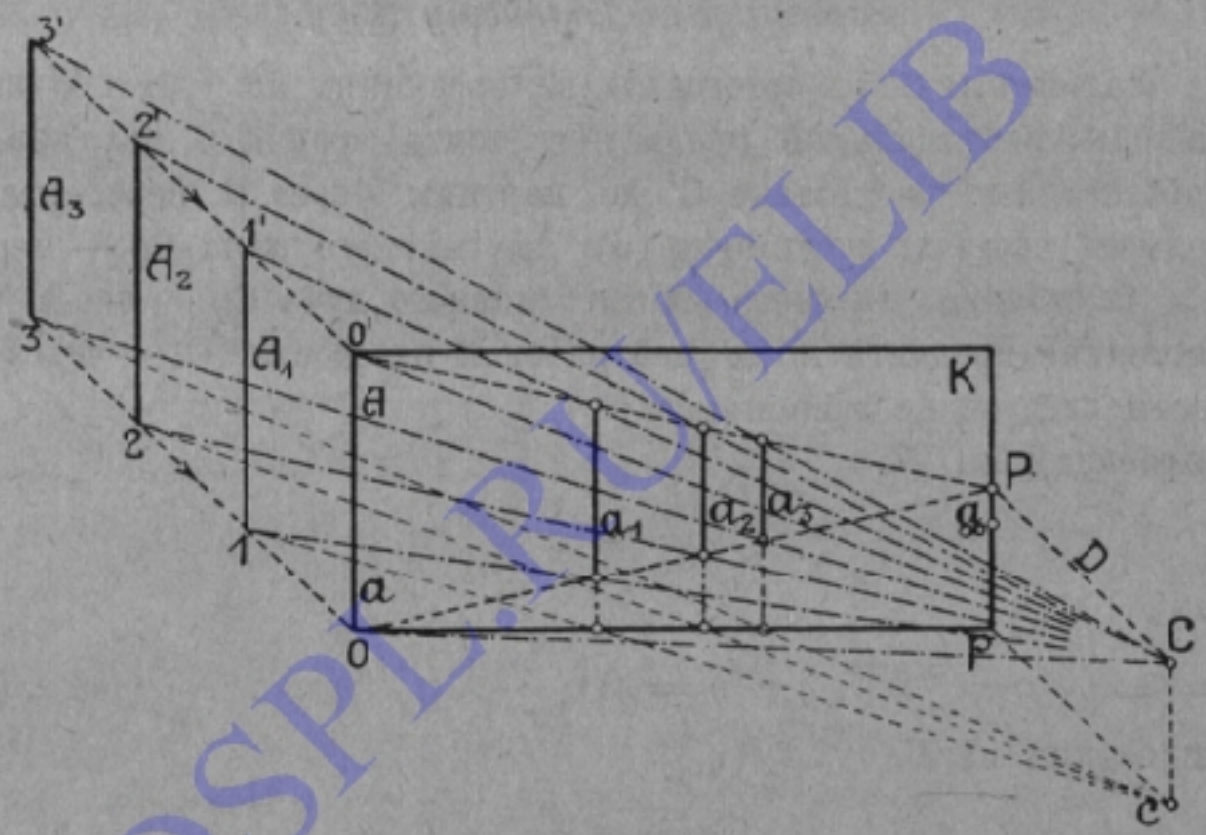
Формулы 7, 8 и 9 выражают следующее:

Теорема 4-я. При движении вертикального предмета параллельно главному лучу зрения перспектива высоты предмета обратно-пропорциональна удалению его от нейтральной плоскости (формула 7).

©?DSPL.RU/EDB

Теорема 5-я. При движении вертикального предмета параллельно главному лучу зрения перспектива высоты его пропорциональна расстоянию этой перспективы от главной точки (формула 8).

Теорема 6-я. При движении вертикального предмета параллельно главному лучу зрения, расстояние перспективы его от главной точки обратно-пропорционально удалению предмета от нейтральной плоскости (формула 9).



Черт. 326. Движение предмета параллельно главному лучу.

Формула 8, выражающая пропорциональность между перспективой (а) и удалением ее (X_a) от главной точки P, пояснена чертежом 326, на котором изображены: картина K, точка зрения C, ее основание c, главная точка P, ее основание p, четыре положения A_3, A_2, A_1 и A вертикального предмета, приближающегося к картине параллельно главному лучу зрения CP и построены перспективы a_3, a_2, a_1 и a_o этих четырех положений. Очевидно, что величина этих перспектив, как и показывает теорема 5-я, будет пропорциональна их удалению от главной точки, в которой будет перспектива $a\,\infty = 0$ бесконечно-удаленного от картины предмета A. Все перспективы (а) будут заключены между двумя линиями AP и OP сечения картины с луче-

выми плоскостями, одной, проходящей через CP и через линию O′3′ — вершин предметов, и другой, проходящей через CP и через линию O3 — оснований предметов.

Сравнивая формулы 7 и 9 с формулой (1), видим их полное сходство. Поэтому, взяв подобным же образом первую и вторую производную от a и от X_a по dt, получим законы изменения скоростей и ускорений перспектив и расстояний их от главной точки, аналогично теоремам 2 и 3, именно:

Теорема 7-я. При движении вертикального предмета параллельно главному лучу зрения скорость изменения перспективы предмета обратно-пропорциональна квадрату удаления его от нейтральной плоскости

$$v_a = - ADV_a \cdot \frac{1}{y^2} \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad (10)$$

Теорема 8-я. При движении вертикального предмета параллельно главному лучу зрения скорость удаления перспективы его от главной точки обратно-пропорциональна квадрату удаления его от нейтральной плоскости

$$v_{Xa} = - DX_A \cdot V_A \cdot \frac{1}{y^2} \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad (11)$$

Теорема 9-я. При движении вертикального предмета параллельно главному лучу зрения, ускорение изменения перспективы предмета обратно-пропорционально кубу удаления его от нейтральной плоскости

$$W_a = 2AD \cdot V_A^2 \cdot \frac{1}{y^3} \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad (12)$$

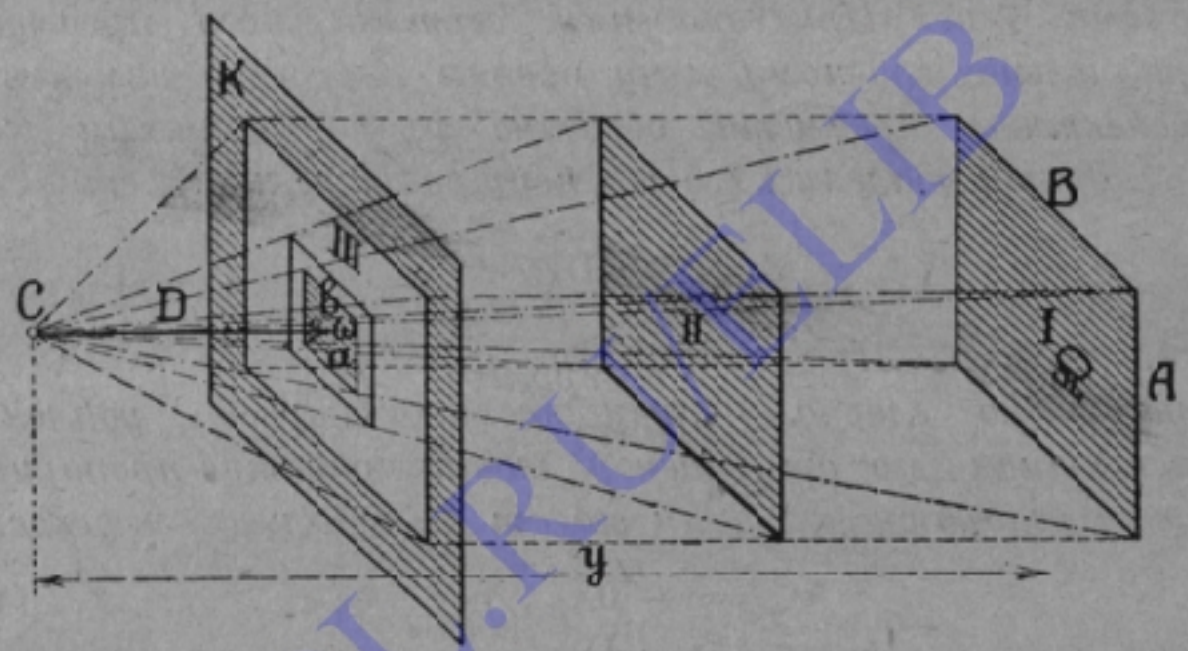
Теорема 10-я. При движении вертикального предмета параллельно главному лучу зрения ускорение изменения расстояния перспективы его от главной точки обратно-пропорционально кубу удаления его от нейтральной плоскости

$$W_{Xa} = 2DX_A \cdot V_A^2 \cdot \frac{1}{y^3} \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad (13)$$

Теоремы и формулы, выведенные для случаев 1 и 2 движения вертикальных предметов, распространяются и на случаи таких же движений горизонтальных предметов и вообще предметов, параллельных картине.

3. *Плоская и параллельная картине фигура движется вдоль главного луча.*

Пусть прямоугольник I (черт. 327), плоскость которого ‖ K, а стороны A и B, движется по направлению к картине вдоль главного луча. По мере придвижения его к картине, площадь (ω) его перспективы будет увеличиваться и сделается равной площади Ω самого прямоугольника, когда последний совпадет с картиной.



Черт. 327. Движение плоской фигуры вдоль главного луча.

Имеем $\omega = ab$; $\Omega = A \cdot B$.

По формуле (7) имеем:

$$a = AD \cdot \frac{1}{y}; \qquad b = B \cdot D \cdot \frac{1}{y},$$

откуда

$$ab = AB \cdot D^2 \frac{1}{y^2}$$

или

$$\omega = \Omega \cdot D^2 \cdot \frac{1}{y^2} \quad \ldots\ldots\ldots\ldots (14)$$

Эта формула выражает следующую теорему:

Теорема 11-я. При движении плоской, параллельной картине, фигуры вдоль главного луча площадь перспективы ее изменяется обратно-пропорционально квадрату расстояния плоскости фигуры от точки зрения.

Графически эта теорема выражается кривой, подобной изображенной на черт. 323.

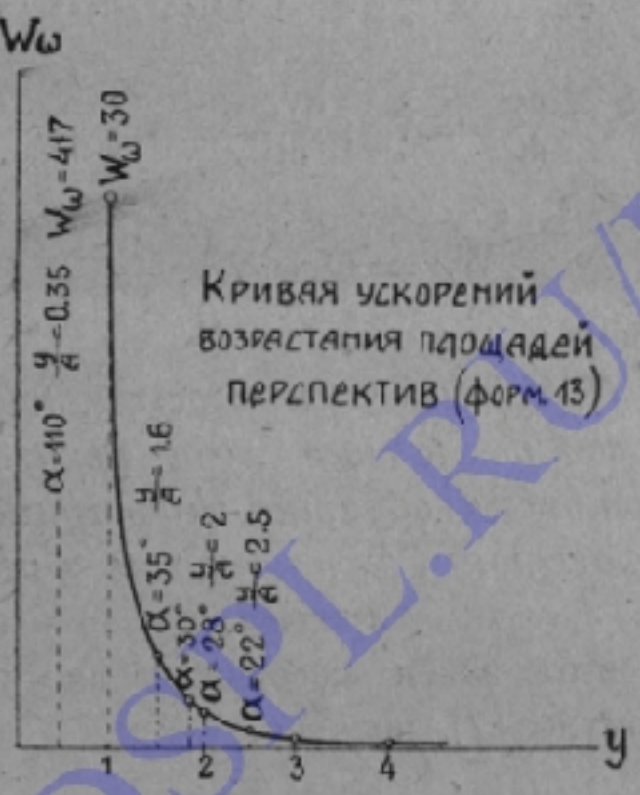
©DSPU.RU/LIB

Назовем *ясностью* перспективы отношение

$$\delta = \frac{\omega}{\Omega} = D^2 \frac{1}{y^2} \quad \ldots\ldots\ldots\ldots \quad (15)$$

Теорема 12-я. При движении плоской, параллельной картине фигуры вдоль главного луча ясность перспективы обратно - пропорциональна квадрату расстояния плоскости фигуры от точки зрения.

Найдем теперь закон скоростей и ускорений изменения площади перспективы (ω).



Черт. 328. Движение плоской фигуры вдоль главного луча.

Из уравнения (14), взяв производную по времени (t) и предполагая, что плоскость Ω движется равномерно, получаем:

$$\frac{d\omega}{dt} = \Omega D^2 \cdot -\frac{2ydy}{y^4} \frac{1}{dt};$$

но

$$\frac{dy}{dt} = V_\Omega,$$

а

$$\frac{d\omega}{dt} = V_\omega;$$

поэтому:

$$V_\omega = -2\Omega D^2 V_\Omega \cdot \frac{1}{y^3} \quad \ldots\ldots\ldots \quad (16)$$

©2DSL.RU/ELIB

Отсюда теорема:

Теорема 13-я. При движении плоской, параллельной картине фигуры вдоль главного луча скорость изменения площади перспективы обратно-пропорциональна кубу расстояния плоскости фигуры от точки зрения.

Примечание. По тому же закону изменяется и скорость ясности перспективы. Графически эти теоремы выражаются кривой, подобной изображенной на черт. 324.

Для определения ускорения, берем производную по t (ур. 16).

$$\frac{dV_\omega}{dt} = 2\Omega \cdot D^2 \cdot V_\Omega \cdot \frac{3y^2 dy}{y^8};$$

заменяя

$$\frac{dy}{dt} = V_\Omega; \frac{dV_\omega}{dt} = W_\omega,$$

получим:

$$W_\omega = 6\Omega D^2 V_\Omega \cdot \frac{1}{y^4} \quad \ldots\ldots\ldots (17)$$

Отсюда теорема:

Теорема 14-я. При движении плоской, параллельной картине фигуры вдоль главного луча ускорение изменения площади перспективы обратно-пропорционально четвертой степени расстояния плоскости фигуры от точки зрения.

Графически этот закон изображен на черт. 328 (кривая построена по формуле 17), полагая

$$\Omega = 1;$$
$$D = 1;$$
$$V_\Omega = 1.$$

На этом мы пока и закончим изложение элементов кинoперспективы.

Добавление к стр. 19.

На стр. 19 были указаны основные размеры киноленты. Приводим дополнительные данные, относящиеся к этим размерам:

1) Расстояние между центрами дыр перфорации, считая поперек ленты: 28,25 мм.

2) То же, считая вдоль ленты:

a) для негативной — 4,77 мм.

b) для позитивной — 4,76 мм.

3) Размер дырки: 2,8 мм поперек ленты и 1,8 мм — вдоль ленты.

©DSPLIB

АЛФАВИТНЫЙ УКАЗАТЕЛЬ ИМЕН

(числа указывают страницы текста).

Абэ — 186.
Австралия — 5.
Алейников — 7, 111.
Александр Македонский — 262.
Аллен — 84.
Андреев — 50.
Альгацеи — 83.
Аншютц — 41, 49, 97, 104, 109, 158.
Араго — 36.
Аристотель — 262.
Арси — 85.
Атанасиу — 158.

Балтазар — 195.
Барбаро Даниэль — 11, 12.
Баудич — 53.
Бесальский — 193, 194.
Бенсберг — 160.
Боас — 160.
Бойс — 153, 160, 162.
Бон — 45.
Бонвитт — 9.
Булль — 154, 155, 156, 157, 160, 180, 181, 185.
Бурке — 10.
Бэкон-Рожер — 12.

Ватикан — 256.
Везувий — 33.
Вейфа-Верке — 196, 198.
Венера — 44, 158.
Верне Гораций — 273.
Веронезе Паоло — 258, 261, 262, 263.
Вилльманн — 41.
Винчи Леонардо да — 12, 83.
Виолле — 113, 114.
Вогт — 213.
Войль — 83.
Войт — 190.
Волга — 231.
Вольф-Чапек — 51, 53.
Воргинтон — 51.
Вуд — 153, 160.

Галль — 127.
Ганзен — 209.
Гарбург — 22.
Гельмгольц — 205.
Гельфиш — 10.
Геммерт — 7.
Герц — 194.
Гилль — 160.
Глебов Путиловский — 7.
Глускин — 7, 186, 187, 188, 189, 190.
Гокси — 213, 215, 216, 218.
Гомон — 7, 55, 56, 61, 97, 112, 129, 130.
Гонвуд — 10.
Горнер — 97, 103.
Готвальд — 7.
Гредель — 196, 197, 198.
Грунмах — 198.
Грюцнер — 195.
Гутт — 53.
Гюгюэс — 97, 107, 110.

©2DSPL.RU/ELIB

Дагер — 36.
Дамазий — 11.
Дебри — 8, 10, 62, 112, 179.
Демени — 97, 109, 111, 112.
Джемс — 10.
Джильберт — 9.
Джиованни-Баттиста-делла-Порта — 12.
Допплер — 94.
Дунгамский лес — 223.
Дюшен — 7.

Евдокимов — 7, 225.
Ермилов — 7, 206.
Ермольев — 7, 11.

Жиллярд — 54.

Зальхер — 158, 164.
Зеддиг — 51.
Зиденгопф — 184.

Ивес — 206, 208.
Игнатьев — 91.
Иенкинс — 158.
Иероним св. — 230, 235.
Ика-кино — 7.
Ильшевич — 7.

Каннон — 194.
Кар Лукреций — 87, 88.
Карвалло — 192, 193, 199, 200, 201.
Каспийское море — 5.
Кёлер — 193, 194, 196.
Кенит — 97, 101, 102.
Кестль — 148.
Кирхер, А. 12, 13.
Клемент — 9, 54.
Кок — 55, 56.
Кокушин — 7.
Командон — 8, 184, 187, 193.
Кон — 9.
Копаневич-Селецкий — 7.
Кох — 160.
Кранц — 9, 151, 160, 162, 163, 168, 172, 173, 174, 175, 176.
Кранцфельдер — 160, 162.
Кресс — 8, 54.
Кригер — 225.
Куассак — 8.

Лавров — 8.
Лаффо — 223.
Леви-Дорн — 199.
Леман — 8, 9, 10, 21, 22, 112, 114, 117, 120, 190.
Лемке — 9.
Ленденфельд — 153, 154, 160.
Леонардо да Винчи — 12, 83.
Лизеганг — 9, 10, 22, 119.
Линке — 88, 93, 94.
Лион — 200.
Липшман — 153.
Люмьер — 112, 158, 200.

Магбет — 223.
Майзель — 8.
Майорана-Калатабиано — 160, 162.
Максвель — 206, 207, 208.
Марб — 9, 51, 116, 117, 118.
Марей — 8, 9, 41, 45, 48, 49, 53, 97, 103, 110, 111, 112, 150, 151, 152, 153, 154, 158, 178, 181, 183.
Маркелин — 158.
Массоле — 213.
Маурин — 8.
Мах — 153, 158, 160, 162, 163, 164, 165, 167, 168, 169, 172.
Микель-Анжело — 274, 275.
Мин — 8.
Митэ — 206, 208, 209.
Мольтени — 97, 109.
Монтессори — 6.
Морен — 9.
Мьюбридж — 41, 42, 43, 47, 49, 158.

Нерст — 26.
Нестрия — 223.
Нивсен — 160, 162, 169.
Ниэпс — 36, 37.
Ногюэс — 181, 182.
Нолле — 85.
Нонн — 160, 169.
Ньютон — 83.

©.DSPL.RU ELIB

Обермейер — 162.
Оликос — 50.
Остразия — 223.
Отт — 9.

Панамский канал — 5.
Паперитц — 10, 32, 33, 34.
Пари — 85, 86.
Париж — 199.
Патэ — 9, 54, 55, 56, 61, 62, 97, 112, 128, 129, 130, 132, 146.
Петрушка — 31.
Петтигрю — 152.
Пизон — 180, 181.
Платo — 83, 96, 97, 98, 99, 100, 108.
Платон — 262.
Помпея — 260.
Портер — 112, 117, 125.
Прилежаев — 205.
Птоломей — 83.

Рафаэль — 253, 256, 259, 262, 269.
Реддиз — 51.
Рено — 97, 104, 108.
Рёнтген — 190, 191.
Ривиер — 9, 54.
Ридер — 198.
Ракенхеер — 162.
Рим — 275.
Рисс — 183, 184, 185.
Робертс — 54.
Робертсон — 13, 14, 15, 30.
Роджет — 90, 91.
Рожанский — 192.
Розен — 9.
Розенталь — 198.
Романэ — 9.
Ру — 195.
Ружицкий — 225.
Рынин — 6, 66.

Саваоф — 276.
Сегнер — 83.
Семенов — 7.
Сикстинская капелла — 275.
Скляр — 225.
Смит — 209, 210, 211.
Стампфер — 96, 97, 98.
Станфорд — 41.
Стеффен — 7.

Тальбот — 118.
Таунсенд — 8.
Тененбаум — 10.
Теплов — 225.
Томпсон — 91, 92.
Тёплер — 162, 164.
Траншан — 9.
Трюта — 9.

Урбан — 209, 210, 211.
Ухациус — 97, 107, 108, 109.

Фарадей — 89, 94.
Фейф — 198.
Фиттон — 85, 86.
Фонтана — 160.
Форх — 9, 147.
Фохтлендер — 78.
Фредегонда — 223.
Фризе-Грин — 55, 107, 209, 210.
Фуко — 164, 166.

Хвольсон — 8, 192.
Хохгезанг — 190.

Цай — 13.
Цветков — 225.
Цейсс — 22, 78, 114, 184, 186, 187.
Цобель — 8.

Чапек-Вольф — 10.

Шатте — 160.
Швиннинг — 8, 160, 162, 163, 165, 166, 170, 171, 172.
Шекспир — 223.
Шемен-де-Дам — 223.
Штейн — 10.

Эдер — 9.
Эдиссон — 97, 106, 107.
Эйкман — 195, 196, 198.
Эйнштейн — 220.
Энгель — 213.
Эрнеманн — 9, 59, 80, 119, 129, 130, 182.

Юнг — 205.

Янсен — 43, 44, 48, 158.
Янушковский — 6.

© DSPL.ru ELIB

©?DSPL.RU/ELIB

АЛФАВИТНЫЙ УКАЗАТЕЛЬ ПРЕДМЕТОВ

(числа указывают страницы текста).

Абберация сферическая — 37.
Алюминий — 22.
Алько (лампа) — 26.
Анализ звуков — 101.
Анаморфоза — 99, 100.
Анарктика — 146.
Анастигмат — 37, 64.
Ангидрид — 54.
Апортоскоп плато — 97, 98.
Антикатод — 191.
Апертура — 186.
Аплапат — 37.
Аппарат Гомон — 97, 112.
» Деменн — 97, 111.
» киносъемочный — 57, 58, 60, 61, 62.
Аппарат Люмьера — 97, 112.
» Марея — 97, 110.
» Пате — 97, 112.
» стереокиносъемочный — 155, 156.
Ахромат — 37.
Ацетилен — 26.
Ацетито—производная целлулозы—54.
» целлулоза — 54.
Аэроплан — 63, 64.

Бактерии — 179, 181, 184.
Баллистика — 9.
Барабан — 126, 127.
» волшебный Горнера—97, 107.
Барабан волшебный Ухацпуса — 97, 103.
Барабан зубчатый — 60.
Башня — 78, 242, 244, 249, 254.
Бензино-кислородная лампа — 26.
Бленда — 62.
Биоскоп английский — 7.
Болезнь сонная — 184.
Больница — 65.
Бортиллес (бактерии) 181.
Брак в Кане Галилейской — 261, 263.
Бронза — 22, 23.
Бутафория — 64.
Быстрота действия обтюратора — 78.

Ваза волшебная — 85.
Валик нажимной — 60.
Вестибюль дворца — 264, 265.
Взятие Смаль Абд-эль-кадер — 273.
Вид боковой фронтовый — 235.
» морской — 40.
Видоискатель — 63.
Вид фронтовый — 235.
» центральный фронтовый — 231.
Виды текущие — 34.
Визир — 61.
Вилка — 59, 62, 112, 126, 139, 140, 141, 144.
Вираж — 40.
Висмут — 201.
Вода отражающая — 77.

©DSPLIB.RU

Волосы — 75.
Вольфрам — 191.
«В рамку» — 127, 144.
Всадник — 12.
Выбор экрана — 23.
Выстрел — 173.
Вьюнок — 178.

Газ светильный — 26.
Газы — 160, 173.
Галлерея — 232, 233, 243, 245.
Гиперболоид — 32, 33.
Глаза — 75.
Глаз электрический — 214.
Глетчер — 79.
Головка — 128.
Голубь — 150.
Горелка эфирно-кислородная — 16.
Горло — 195.
Гравюра — 76.
Гримм — 73, 75.
Груша резиновая — 38.
Губы — 75.

Движение ленты обратное — 63.
» под углом к картине — 247.
» птиц — 194.
» спиц — 100.
» точки зрения — 258.
Дворец Петергофский — 251, 255.
Дедалеум — 103.
Декорация — 64.
Декорация театральная — 234.
Демаскировка — 224.
Демультипликатор — 62, 63.
Деревня — 238.
Детали головок — 131.
Дефекты съемка — 66.
Деформация воздуха — 164.
» сооружений — 178.
» тел — 178.
Диаграмма силы света лампы — 27.
Диапозитив — 16, 18, 19.
» синоптический — 49, 50, 51.
» синтетический — 52, 53.
Диафрагма — 13, 38, 58.
Диафрагма внутренняя — 58, 59.
» передняя — 58.
Дикарь — 244.
Дирижабль — 256.
Диск волшебный — 85.
Диссолавер — 30, 35, 108.
» двойной — 35.
» тройной — 35.
Дождь на экране — 180.
Дом — 244, 245.
Доска распределительная — 128.
Дуплекс (лампа) — 26.

Еж морской — 183.

Женщина — 50.
Живопись помпейская — 256.
» портретная — 243.
» стенная — 243.
Животное — 72, 158, 267.

Завод — 65.
Завеса дымовая — 224.
Задача № 1 — 20.
Задача № 2 — 27.
Зажим кулачный — 143.
Закон инерции — 82.
» Портера — 112.
» Тальбота — 118.
Заслонка противопожарная — 126, 130, 145.
Затвор — 38.
Затвор пистолета — 171.
Затвор щелевой — 49.
Звук — 212.
Здание — 240, 242, 257.
Здание длинное — 273.
Зеркало — 77.
Зеркало вращающееся — 185.
Зоотроп — 103.

Изнашивание инструментов — 178.
» обуви — 178.
Интерференц-рефрактометр — 167.
Императрикс (копировальная машина) — 9.

©DSPL.RU DUELB

Иод — 36.
Ионы — 214.

Какаду — 42.
Камера-обскура — 12.
Камера фотографическая — 37, 38, 39.
Камин — 76.
Камфара — 53.
Карсель — 114.
Картина — 76.
» высокая — 273.
» длинная — 273.
» спиральная — 49.
Кассета — 60.
Качество съемочного объектива — 77.
Керосин — 26.
Кинемаколор — 201.
Кинематика — 41.
Кинематограф баллистический — 170, 171, 172, 173.
Кинематография — 57, 86.
» цветная — 209.
Кинетоскоп Эдиссона — 97, 106, 107.
Киноателье — 64.
Киноаэросъемка — 65.
Кино-декоратор — 6.
Кинодиапозитив — 30, 31, 32.
Кино-заводчик — 6.
» инженер — 6.
Кинокартина — 223.
Кино-лаборант — 6, 58.
Кинолаборатория — 57.
Кинолента звука — 213.
Кино-маскировка — 223.
» механик — 5, 57.
» оператор — 5, 57.
Киноперспектива — 222, 277.
Кинопроектирование — 57, 82.
Кинопроектор — 57, 112, 125, 128.
Кинора-ручная — 8.
Кино-режиссер — 6.
Киносъемка — 57, 64.
» в помещении — 64, 65.
» звука — 212.
» на открытом воздухе — 64.
Киносъемка павильонная — 64.
Киноуниверсальный аппарат — 131.
Кислородно-ацетиленовая лампа — 26.
» водородная лампа — 26.
Кислота азотная — 53.
Кислота пироталовая — 40.
Кислота серная — 53.
Кислота уксусная — 54.
Кишки — 195.
Клетки ганглиевые — 83.
Клетчатка — 53.
Кнопка пробивная — 61.
Кодак — 7.
Кодекс атлантикус — 12.
Кожа — 75.
Колбочки — 114, 204, 206.
Колесо жизни — 100.
» » Ухапиуса — 97, 109.
» маховое — 130.
» Роджета — 90, 91.
» Фарадея — 89.
» экипажа — 121, 122.
Коллодий — 54.
Колонна — 270, 271.
Колоннада — 227.
Комната — 80, 242, 244, 250, 255, 263, 264.
Компания всеобщая фонографов — 180.
Конденсатор — 15, 126.
Контр-жур (съемка) — 76.
Конус — 270.
Копировальная машина — 9.
Копирование — 39.
Коробка противопожарная — 146.
Кость — 171, 172, 174.
Кости человека — 191.
Кошка — 211.
Краска клеевая — 76.
Кремальера — 16, 37, 58.
Крест — 32.
» мальтийский — 44, 59, 126, 131, 132, 139.
Крест мальтийский с косыми щелями — 138, 139.
Кривые 4-го порядка — 33, 34.
Кристаллы — 179.

©DSPL.RU/ELIB

Кристаллы серебра — 188.
Кровь — 5.
Круги Томпсона — 91, 92.
Крыса — 195.
Куб — 226, 228, 229, 234, 239, 241, 248, 249, 250.
Купол — 276.
Кюветка — 16, 128, 145.

Лампа Алько — 26.
» ацетиленовая — 26.
» бензино-кислородная — 26.
» газовая — 26.
» дуговая — 9, 26.
» Дуплекс — 26.
» кислородно-ацетиленовая — 26.
» кислородно-водородная — 26.
» Нернста — 26.
» обыкновенная — 26.
» съемочная — 76.
» специальная — 26.
» усовершенствованная — 26.
» электрическая — 26.
» эфирно-кислородная — 16, 26.
Ландшафт — 80.
Лента — 59.
Лента бесконечная — 131, 146.
Лестница — 236.
Лицо — 75.
Лоб — 175.
Логарифм — 113.
Локоть человека — 204.
Лошадь — 45, 79, 158.
Лучи жесткие — 191.
» мягкие — 191.
» Рёнтгена — 190.
» световые — 73, 74.
» тепловые — 73, 74.
» химические — 73, 74.
Люди — 158, 237, 241.
» полные — 246.
» худощавые — 246, 247.
Люкс — 113.
Лягушка — 195, 200, 201, 202, 204.

Маскировка статистическая — 223.
Масло касторовое — 53.
Масло сурепное — 114.
Масса отражательная Лизеганга — 22, 23.
Машина — 72.
Маяк — 31.
Мелодия — 84.
Места театра — 24.
Метромер — 63.
Метчик — 63.
Механизм прерывистого движения — 126, 131.
Механизм центробежный — 126.
Микробы — 184.
» сонной болезни — 184.
Микросъемка — 6, 179.
Мимика — 72.
Мимикрия — 224.
Монумент — 242, 244, 252, 253.
Море — 31, 80.
Мост — 231, 235.
Моталка — 147.
Мотограф — 8.
Мотор электрический — 148.
Мутоскоп ленточный — 97, 105.
» простой — 97, 104, 105.
» стереоскопический — 97, 105.

Нагреватели — 188.
Насекомое — 151, 152, 153, 154, 156, 157, 158, 160, 185.
Небо — 80.
Негатив — 39, 40.
» киноленты — 54, 55.
Нитрация — 54.
Нитроцеллулоза — 53.
Номография — 20.

Объектив — 16, 27, 58, 126.
Обои — 76.
Обтюратор — 58, 59, 116, 119, 126, 127, 130.
Обтюратор цветной — 209, 210, 211.
Огни Кенига — 102.
Окно — 59, 123, 144, 145.
Органы дыхания — 196.
Оса — 152.

©?DSPL.RU/ELIB

Осадка зданий — 178.
Освещение — 76.
Освещение рембрандовское — 76.
Отверстие относительное — 64.
Относительность — 220.
Очки цветные — 205.

Палец — 59, 126, 128, 139, 142.
Паллофотофон — 215.
Палочка — 114, 204.
Память зрения — 82, 83.
Память ощущения — 83.
Панорама — 34.
Парабеллум — 166, 171.
Парафин — 113, 114.
Парво (аппарат) — 8.
Парик — 75.
Парк — 257, 260.
Патрон — 171.
Педеноскоп — 95.
Пейзаж — 237, 252.
Передача фрикционная — 143, 144.
Передача червячная — 142.
Перспектива воздухоплавательная — 251, 252, 255.
Перспектива птичья — 241.
» с птичьего полета — 241.
» статическая — 222.
» театральная — 263.
Перфоратор — 10.
Перфорация — 54, 55, 60, 288.
Петля — 127.
» ленты — 60.
Печатающий аппарат — 10.
Пир у Левита — 258, 262.
Пистолет — 171.
Пищевод — 195.
Пламя — 51.
Пластинка коллодионная — 41.
Платина — 25, 113, 191.
Платье — 75.
Плафоноперспектива — 256.
Пленка (кино) размеры — 19, 288.
Поезд — 221.
Позитив — 39, 40
» киноленты — 54, 55.
Поле снежное — 79.
Полка — 230, 234.
Полутени — 77.
Порошок алюминиевый — 22.
Портал — 236.
Портреты — 243.
Пост кинематографический — 128.
Посуда — 76.
Потягивание картины — 120.
Правило Портера — 125.
Праксиноскоп Рено — 97, 104, 108.
Пресмыкающееся — 200.
Прибор для наводки на фокус — 184, 186.
Прибор Кенига — 97, 101.
Приборы стробоскопические — 96.
Призрак — 31.
Призраки живые — 30.
» Робертсона — 15.
Принцип кратчайшего пути — 124.
Приспособление глаза — 116.
Приспособление противопожарное — 145.
Проектирование днем — 25.
Проектор без перемотки — 147, 148.
Проекция кинодиафрагматическая — 32.
Проявление — 39.
Псевдокинематография — 196.
Птица — 43, 48, 73, 103, 151, 158, 174, 199, 200.
Пуля — 5, 165 — 176.
Пятна на экране — 24, 25.

Радий — 191.
Раздражение глаз — 82.
Разложение движений человека — 149.
Размеры изображения — 78.
Ракушка — 181.
Рамка — 126.
Рамы картин — 76.
Рана — 72.
Расстояние фокусное — 77.
Растения — 76, 178.
Реалисты художники — 222.
Револьвер астрономический — 43.
Рёнтгеносъемка — 190.
» с экрана — 194.

Рёнтгеносъемка теневая — 194.
Реостат — 128.
Рефлектор — 15.
Решетка противопожарная — 146.
Рисование больших картин — 272.
» животных 267.
» тел вращения — 267.
Розы — 76.
Ролик — 60, 126.
» в фотокамере — 38.
» прижимной 126.
Рост животных — 178.
» человека — 178.
Ртуть — 36, 52, 158.
Ружье — 173.
» фотографическое — 48.
Рука человека — 203.
Рукоятка — 61, 126.
Ручка — 60, 128.
Рыба — 200.

Света движение — 220.
Светосила — 64, 67, 77, 79.
Светочувствительность глаза — 82.
Свеча английская — 114.
» декимальная — 25, 113.
» парафиновая — 25, 113.
» спермацетовая — 114.
Свод — 235.
Связь объектива с конденсатором — 28.
Съемка быстрых движений — 149.
» медленных » — 177.
» силуэтная — 76.
» цветная — 204, 206.
Сердце — 195.
Серебро — 22.
» бромистое — 39, 40, 74.
» водистое — 36, 39.
» хлористое — 39.
Скелет человека — 47, 48.
Скорость возрастания перспектив — 281, 284, 287.
Скорость ощущения — 83.
Слабина ленты — 60.
Смена климата — 178.
Снаряд — 153, 176.
Снимок детальный — 72.
» панорамный — 65, 72.
» силуэтный — 162.
Собака — 195.
Солдат — 52.
Соли серебра — 39.
Солнце — 44.
Соль серебристо-азотнокислая — 188.
Соль серноватисто-натровая — 40.
Спектр аэродинамический 164—169.
» солнца — 73, 204.
Спирт — 26.
Способ автохромный — 206, 208.
» двойного проектирования — 206, 207.
Способ Ивеса-Митэ — 206, 208.
» Максвелля — 206, 207.
Статуй рисование — 275.
Стекло матовое — 22, 23, 37.
Столик нагревательный — 188.
Стрекоза — 157.
Стробоскоп — 88, 100, 103.
» Аншютца — 97, 104.
» дисковый — 96.
» Плато-Стампфера — 97, 98.
» рельефный Марея — 97, 103.
» с двумя дисками — 97, 98, 99.
Стробоскоп с одним диском — 97, 98.
» Ухащиуса — 97, 107.
Струя воды — 98.
Сунитрат висмута — 201.
Счетчик метража — 61.

Таблица I — 22.
» II — 26.
» III — 75.
» IV — 80.
» V — 80.
» VI — 97.
» VII — 113.
» VIII — 114.
» IX — 116.
» X — 135.
» XI — 136.
» XII — 137.

RUSELIB

Таблица XIII — 138.
» XIV — 157.
» XV — 279.
Таумагроп — 85.
Таутоскоп Линке — 93, 94.
Тахископ Аншютца — 97, 109.
Телефон новый — 215.
Тело — 75, 76.
» вращения — 267.
Теория киноперспективы — 277.
» мальтийского креста — 133.
Ткани человека — 191.
Толкач — 126.
» тяговый — 143.
Точка зрения диагональная — 242, 250.
Трубка визирная — 60, 63.
» Гейслерова — 104, 109.
» искатель — 185.
» круксова — 192, 200.

Углы зрения — 279.
Углы зрения объектива — 65.
Угол лучеиспускания экрана — 22.
Угол полезный действия экрана — 22.
Ударник — 142.
Узел пламени — 51.
Указатель скорости — 61.
Улитка — 142, 144.
Улица — 80, 245, 246.
Ультрамикроскоп — 8, 189.
Ускорение возрастания перспектив — 282, 285, 288.
Ухо электрическое — 213.

Фантасмагория — 31
Фантастоскоп — 100.
Фантоскоп карманный — 97, 104.
» плато — 97, 100.
Фенакистоскоп — 100.
Фиксирование — 39.
Фильма — 53.
Фильтр — 205.
Фокусное расстояние — 19.
Фонарь волшебный — 11, 15, 16, 17, 126, 128.
Фонарь Робертсона — 13.
Фоноскоп Демена — 97, 109.
Фотография — 76.
» моментальная — 40.
Фотодром — 40.
Фототележка — 46.
Футуристы художники — 223.

Хорейтоскоп Гюгюэса — 97, 110.
» Мольтени и Гюгюэса — 97, 109.
Хронофотограф — 200.

Цвет — 73.
Цвет дополнительный — 204.
Цветок — 5.
Цвет основной — 204.
Цветы — 76.
Целлит — 54.
Целлулоза — 53, 54.
Целлулоид — 9, 22, 53, 54.
Цепь Галля — 127.
Цилиндр — 234.
Цыпленок — 201.

Чайка — 49, 151.
Частота смены картин — 112, 116.
Человек — 45, 46, 158, 195, 203.
Чувствительность пленки — 77.
Чудеса — 11.

Шар — 174, 175, 220, 268.
Шарики кровяные — 184.
Шлирен метод — 164.
Школа Афинская — 259, 262.

Щель затвора — 38.
» обтюратора — 79, 80.

Экран — 16, 21, 126.
» алюминиевый — 22, 24.
» бороздчатый — 22, 23.
» матерчатый — 22, 23.
» отражающий — 77.

©2DSPL.RU

Экран флюоресцирующий — 191.
» шертинговый — 24.
Экспозиция — 37, 60, 64. 77.
» относительная — 79.
Экспентрик — 49, 59.
Электрическая лампа — 26.
Электротахископ Аншютца — 97, 109.
Эмульсия — 54.
» бромо-желатинная — 40.
» бромо-серебрянная — 75.
» бромо-серебр. желат. — 54.
Эллипс точек схода — 262, 264.
Эпидиаскоп — 17, 18.
Эпископ — 18, 19.
Эталон — 113.
Эфиро-кислородная лампа — 26.
Эффект стробоскопический — 88.

Юпитер — 64, 65, 76.

Яблоко адамово — 195.
Явления стробоскопические — 82, 88.
Яички ежа — 183.
Яркость оптическая спектра — 74.
» экрана — 21, 23.
Ясность перспективы — 286.
Ящерица — 201.

0 7414

Библиотека
Ростов-на-Д.
им. К. Маркса.
книгохранилище

©?DSPL.RU/ELIB

ГОСУДАРСТВЕННОЕ ИЗДАТЕЛЬСТВО
ЛЕНИНГРАД

Мрочек. — Техническая математика. (Гот. к печ.)

Нейендорф. — Учебник математики для техникумов. (Печ.)

Николай, Е. Н., проф. — Лекции по теоретической механике. Часть I. Статика. Ц. 1 р. 10 к. Часть II. Кинематика. Ц. 1 р. 20 к. Часть III. (Печ.)

Новиков и Воскобойников. — Задачник по аналитической геометрии. Ц. 90 к.

Перельман, Я. И. — Новые и старые меры. Ц. 15 к.

Его же. — Новый задачник по геометрии. Ц. 1 р. 50 к.

Его же. — Практические занятия по геометрии. Ц. 80 к.

Его же. — Хрестоматия-задачник по начальной математике. (Печ.)

Пржевальский, Е. — Аналитическая геометрия.

Рорберг. — Треугольник и его применения. (Печ.)

Романовский. — Элементарный курс математической статистики. (Печ.)

Рыбкин. — Сборник геометрических задач на вычисление. Часть I. Планиметрия. Ц. 75 к. Часть II. Стереометрия. Ц. 75 к.

Сборник задач по высшей математике. Под ред. Б. М. Кояловича. Часть I, II и III. (Печ.)

Сборник задач по высшей математике. Под ред. проф. Н. И. Гюнтера, Я. Д. Тамаркина, Я. В. Успенского и А. А. Фридмана.

Сигов, И. А. — Начальная математика. Часть I. Часть II. (Печ.)

Его же. — Практические занятия по геометрии. Ц. 25 к.

Его же. — Проекционное черчение к курсу геометрии. Ц. 60 к.

Тер-Степанов, И. С. — Сборник задач по арифметике. Вып. I и II.

Фогельсон, Е. — Задачи по технической математике. Для фабзавуча. (Печ.)

Фосс, А., проф. — Сущность математики. Перевод со второго издания. Ц. 75 к.

Методические руководства и пособия для учителей.

Ауэрбах, Ф. — Графические представления. (Печ.)

Кавун, И. Н. — Приближенные вычисления. Ц. 1 р.

Грейтлейн. — Наглядное обучение геометрии. (Печ.)

Фаусек, Ю. И. — Обучение счету. (Печ.)

Шохор-Троцкий, С. И. — Методика начального курса математики, в 2-х частях. Под ред. И. Н. Кавуна. Ц. 1 р. 20 к.

Юнг, Дж. — Как преподавать математику. Ц. 2 р.

РОЗНИЧНЫЕ МАГАЗИНЫ
ЛЕНИНГРАДСКОГО ОТДЕЛЕНИЯ ГОСУДАРСТВЕННОГО ИЗДАТЕЛЬСТВА

Проспект 25-го Октября, № 28, тел. № 1-32-44 (требуйте соединить с магазином).
„ „ „ № 13, „ № 5-71-21.
„ Володарского, № 53а, „ № 5-71-35.

ОПТОВАЯ ПРОДАЖА ПРОИЗВОДИТСЯ
В ТОРГОВОМ СЕКТОРЕ ЛЕНИНГРАДСКОГО ОТДЕЛЕНИЯ ГОСУДАРСТВЕННОГО ИЗДАТЕЛЬСТВА

ДОМ КНИГИ, Проспект 25-го Октября, № 28. Телефоны { 5-49-32 (городской) 1-32-44 (коммутатор)

И В МОСКОВСКОЙ КОНТОРЕ
ЛЕНИНГРАДСКОГО ОТДЕЛЕНИЯ ГОСУДАРСТВЕННОГО ИЗДАТЕЛЬСТВА
Москва. Тверская, 51. Тел. 3-92-07

Цена 3 р. 50 к.

№ 07414

©?DSPL.RUELIB